Brennstoffzellenreport 2006 / 1

und Wasserstoff als Energieträger

Technologie und Energie

Systeme

Brennstoffe

Kompetenzen

Marktpotenziale

Akteure

Potenziale in der BRD

Potenziale im Ruhrgebiet

Strategien

Schlußfolgerung und Prognose

Berufspotenziale und Humankapital

Energie-Forschung

Energie und Klima

Die Emscher-Lippe-Region in der Ruhrwirtschaft kann eine der bedeutendsten Energie-Regionen Europas werden !!!

1 Leittext 6

2 Systeme der Brennstoffzellentechnologie 10

2.1 Brennstoffzellentypen 12

2.2 Anwendungsbereiche 16

2.2.1 Anwendung: stationär 16

2.2.2 Anwendung: mobil 19

3 Brennstoffeinsatz 21

3.1 Wasserstoff als Energieträger 23

3.1.1 Wasserstoff: als Grundstoff 23

3.1.2 Wasserstoff: als Nebenprodukt der chemischen Industrie 24

3.1.3 Wasserstoff: primärenergetische Erzeugung 25

3.1.4 Wasserstoff: sekundärenergetische Erzeugung 28

3.1.5 Wasserstoff: Anwendung 29

3.1.6 Wasserstoff: Speicher 30

3.1.7 Wasserstoff: Transport 33

3.1.8 Zkizze einer Roadmap mit dem Fokus: Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland: der DWV 35

3.1.9 Wasserstofftankstellen in der BRDeutschland 37

3.1.10 Wasserstoff: innovativer Energieträger 44

3.2 Erdgas 47

3.3 Grubengas 48

3.4 Methanol 50

3.5 Biogas, Biomasse 51

3.6 Klärgas 55

3.7 Weitere fossile Ausgangsstoffe und Nebenprodukte 57

3.8 Methanhydrat 58

4 Kompetenzen und Marktpotenziale 59

4.1 Kompetenzverbünde: Branchen, Firmen und Institute 60

4.2 Ausgangsgliederung für die Marktreife der "Energie aus Brennstoffzellen" 89

4.3 Marktentwicklung und Stand der Technik 90

4.3.1 Anwendungen: stationär 91

4.3.2 Anwendungen: mobil 94

4.3.3 Anwendungen: portabel 107

4.3.4 Aktuelle marktnahe Entwicklungen 108

5 Aktivitäten und Potenziale in der Bundesrepublik Deutschland 115

5.1 Forschung und Entwicklung 115

5.2 Unternehmen, Kooperationen und Projekte 117

5.2.1 Allgemeine Brennstoffzellenentwicklung: Anwendung: stationär 121

5.2.2 Allgemeine Brennstoffzellenentwicklung: Anwendung: mobil 132

5.3 Industrie- und strukturpolitische Unterstützung 137

5.4 Referenzregionen in der Bundesrepublik Deutschland 141

6 Aktivitäten und Potenziale im Ruhrgebiet 142

6.1 Technologischer Kern der Brennstoffzellen- und Wasserstoff technologie / Forschung und Entwicklung 142

6.2 Kompetenzverbund: Wasserstoffgewinnung regenerativ 148

6.3 Kompetenzverbund: Wasserstoffgewinnung fossil 148

6.4 Kompetenzverbund: Anwendung: mobil 149

6.5 Kompetenzverbund: Anwendung: stationär 151

6.6 Industrie- und strukturpolitische Unterstützung 153

6.7 Potenzialbewertung: Vergleich mit den Referenzregionen 155

7 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen 157

7.1 Veränderungsmanagement in der Emscher-Lippe Region 162

8 Berufsorientierung für Schulabsolventen, Lehrveranstaltungen für Studenten, Weiterbildungsmaßnahmen für Ingenieure, Techniker und Handwerker 165

8.1 Berufsfindungs-Praktikum rund um das Thema Brennstoffzelle 166

8.2 Lehrveranstaltungen 166

8.3 Weiterbildung aller Berufsgruppen 167

8.4 Entwicklungspotenziale und Humankapital 169

8.5 Masterplan: Aus- und Weiterbildung Brennstoffzellen 172

9 Glossar 173

9.1 Wörterbuch: Deutsch / Englisch 177

9.2 Wörterbuch: Englisch / Deutsch 179

10 Technologie und Energie 181

10.1 Einführung in die Situation der Weltenergieversorgung 181

10.1.1 Globale Energiewende 188

10.1.2 Erneuerbare Energien - Energieversorgung der Zukunft 189

10.2 Energie-Forschung (BMWA) 194

10.2.1 Energiebedarf verringern 194

10.2.2 Energie-Effizienz erhöhen 194

10.2.3 Verstärkung der Energieforschung durch das Zukunfts-Investitions-Programm 195

10.2.4 Transfer von Forschungsergebnissen 196

10.3 Energie und Klima 196

10.3.1 Reduzierungsziele für Treibhausgase 196

10.3.2 Stand der Reduzierung 196

10.3.3 Bisherige Maßnahmen 197

10.3.4 Künftige Maßnahmen 197

10.4 Energie-Glossar 199

10.5 Maßeinheiten 216

11 Gesamtwirtschaftliche Entwicklungsprozesse 217

11.1 Scouting: Reports, Analysen und Studien 218

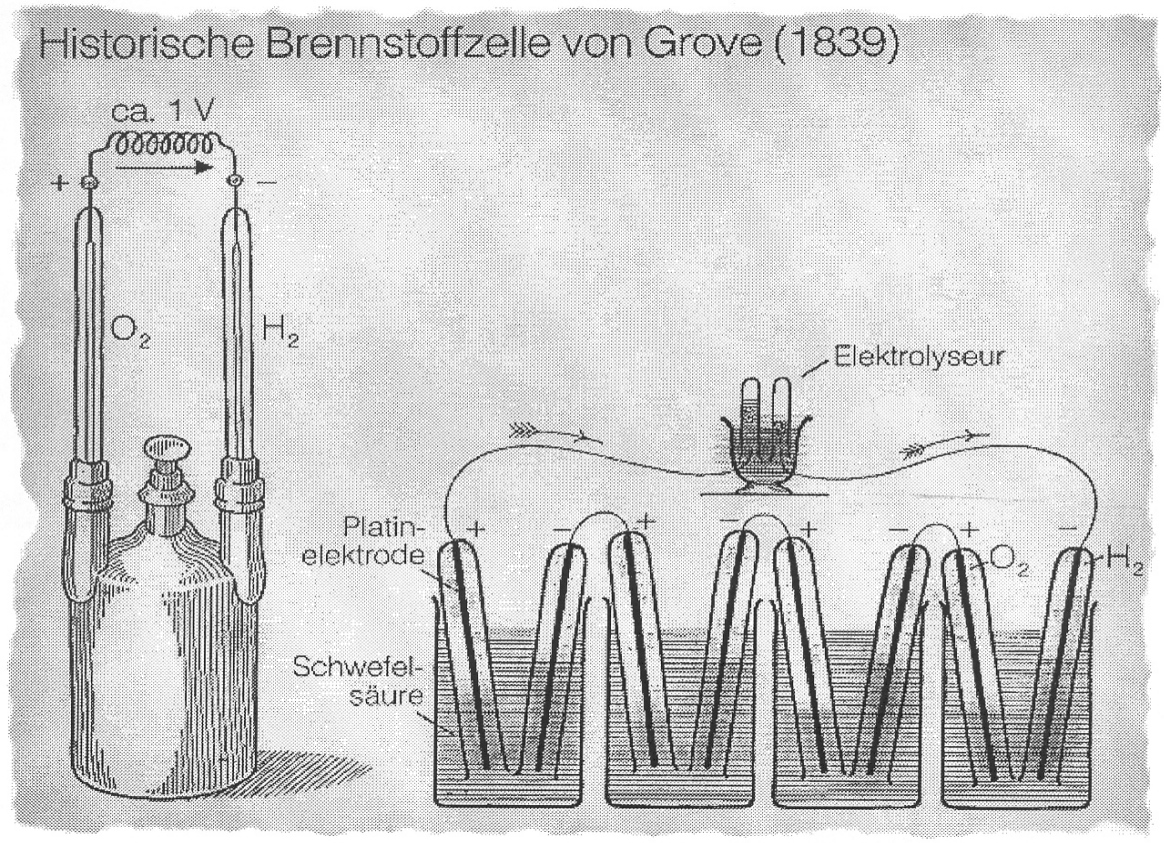
1 Leittext

Seit 165 Jahren ist die Brennstoffzellentechnologie bekannt !! Bereits 1839 hat der englische Naturforscher Sir William Grove die erste Brennstoffzelle entwickelt !!

Erst in den sechziger Jahren gewann die Brennstoffzellentechnologie an Bedeutung. Die NASA nutzte diese Technologie bei ihren Apollo-Projekten. Später wurde diese Technologie auch in den U-Booten eingesetzt.

Der vorliegende Brennstoffzellenreport analysiert den Weg der Brennstoffzellentechnologie bis zur Serienreife, die hervorragenden Randbedingungen für deren Einsatz, die Energiequellen und die Unternehmenskooperationen.

Gegliedert habe ich diesen Report in die Schwerpunkte:
- Systeme
- Brennstoffe
- Kompetenzen, Akteure
- Anwendungsbereiche
- Forschung und Entwicklung
- Aktivitäten und Potenziale
- Projekte und Netzwerke



Die Brennstoffzelle erhält auf Grund ihrer umweltfreundlichen Energiegewinnung immer mehr an Bedeutung !!

Nach der Weltklimakonferenz in Rio 1992 wurde die e7-Initiative gegründet, um Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung zu fördern. Die e7-Mitglieder sind neun der weltweit führenden Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen in den G7 Industrieländern. Diese e7-Gruppe stellt eine Organisation dar, die über ein einzigartiges operatives Wissen im Elektrizitätssektor verfügt.
Die e7-Gesellschaften sind:

- AEP (USA)
- EdF (Frankreich)
- Enel (Italien)
- HydroQuebec (Kanada)
- KANSAI (Japan)
- ONATARIOPOWER (KANADA)
- RWE (Deutschland)
- Scottish Power (Großbritannien)
- TEPCO (Japan)

Die e7-Gruppe ist besorgt über die Bedrohung durch die globale Erwärmung und engagiert sich zur Reduzierung der Treibhausgase. Mit dieser Zielsetzung hat die Brennstoffzellentechnologie enorm an Bedeutung gewonnen !!

1995 wurde die Arbeitsgruppe "Klimaänderung" in Folge der ersten Klimakonferenz in Berlin geschaffen.

Seither werden Strategien der Energiewirtschaft erarbeitet, in denen der Einsatz der Brennstoffzellentechnologien in den Vordergrund gerückt sind.

Die derzeit noch hohen Gesamtinvestitionskosten liegen in der noch nicht erfolgten Produktion in Serie. Der Stack ist hier die derzeit preistreibende Komponente. Die anderen stationären Systeme wie der Reformer sind längst kein technisches Novum mehr.

Die zukünftige Bedeutung der Brennstoffzelle als elektrische und thermische Energiequelle wird in diesem Brennstoffzellenreport durch fundierte Analysen der Technologien und der Marktentwicklungen nachgewiesen.
Eine Wertschöpfungs-Analyse der "Energie aus Brennstoffzellen" beweist die Marktreife der Brennstoffzellen- und der Wasserstoff-Technologien.

Signifikant sind die aktuellen Zusammenschlüsse der Energie-Versorgungs-Unternehmen mit Innovationszentren und zukunftsweisenden Produktionsbetrieben zu strategisch arbeitenden Allianzen !!
Auch die Kfz- und Mineralöl-Industrie hat ihre Pilot-Projekte erweitert, immer konkreter werden die Aussagen bezüglich der ersten Flotten.
In Herten gibt es die erste Fahrrad-Flotte der Firma Masterflex mit Brennstoffzellen.

Die Emscher-Lippe-Region in der Ruhr-Wirtschaft verspricht eine der bedeutendsten Energie-Regionen Europas zu werden !

Nur indem die Brennstoffzellen-Technologie positiv erfahrbar ist, können die Zweifel an dieser Technologie beseitigt werden.
Bereits heute können positive Reaktionen zu Bennstoffzellen-Anwendungen in den wachsenden Nischenmärkten ausgemacht werden.
Die Nischenmärkte sind nicht als Übergang oder Provisorium zu verstehen, sondern als der erste Eintritt in den Markt.

Die aktuelle Situation der Vor- und Nachteile:

- **Vorteile:**
  - schadstoffarm und umweltschonend
  - keine bewegten Teile
  - vibrationsfrei
  - wartungsarm
  - bis auf das Gebläse geräuschlos
  - sehr hoher Wirkungsgrad
  - modularer Aufbau
  - kein Getriebe
  - kontinuierliche Leistungsabgabe
  - sehr großes Entwicklungs-Potenzial

- **Nachteile:**
  - nicht ausgereifte Technik
  - hohe Material- und Fertigungskosten
  - hohe Wirkungsgradverluste, wenn vorgeschaltete Reformer verwendet werden
  - hohe Empfindlichkeit gegenüber Unreinheiten (kohlenstoff-Monoxid)
  - hoher Regelungsaufwand
  - hohe Herstellungskosten für den Kraftstoff Wasserstoff
  - keine bestehende Infrastruktur für Kraftstoffe

- **Die Weiterentwicklung der Brennstoffzelle und die Material-Forschung haben dieser Technologie zu dem Sprung in die Vorserienreife verholfen.**

Das Ziel, die BZ-Systeme zur Marktreife zu bringen, hat die Firma Smart Fuel Cell erreicht.
Mit dem bereits heute erhältlichen System wird z.B. die Stromversorgung für die sogenannten "Insel-Lösungen" oder auch "On Bord-Lösungen" von Wohnmobilen und Segelyachten gewährleistet.
Die Industrie ist bildlich gesehen auf der Zielgeraden wenn man von der mittelfristigen Markteinführung von Brennstoffzellen spricht.
Die neu entwickelten kompakten Brennstoffzellen-Stromversorgungseinheiten (APU´s: auxiliary power unit) verhelfen der Brennstoffzellen-Technologie auf breiter Front der anfänglichen Skepsis zur Image-Pflege.

Indikatoren für den bevorstehenden Markteintritt der Brennstoffzellen-Technologie sind auch die deutlich zunehmenden Unternehmensgründungen, Wirtschafts-Allianzen, Feldtests, Veröffentlichungen und Vorträge zu diesem Thema, die nationalen und internationalen Aktivitäten der Wasserstoff-Verbände sowie der Masterplan der Forschungszentren.

Signifikant ist die konzentrierte Ansiedlung von Brennstoffzellen-Herstellern im Energieland NRW. In der Region Emscher-Lippe finden sich günstigste Voraussetzungen; in Herten haben sich mit dem Fokus auf einen Europa-Standort führende Brennstoffzellen-Hersteller niedergelassen.
Herten und Marl stehen heute im ganz besonderen Interesse der Industrie sowie der Landes- und Bundes-Ministerien.

Für den Einstieg zum Ausbau der bereits bestehenden Wasserstoff-Infrastruktur sprechen viele Gründe.
In den folgenden Kapiteln wird den Contra-Argumenten die Machbarkeit gegenübergestellt.

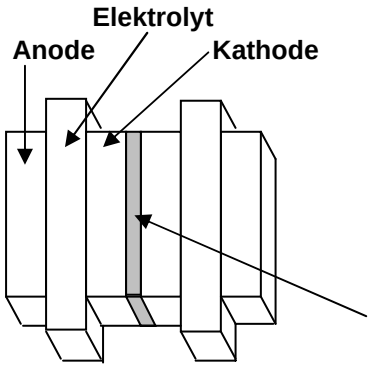
Der Wasserstoff kann sich als Energieträger durchsetzen, wenn die Bereitstellungskosten gegenüber den konventionellen Energieträgern erreicht bzw. unterschritten werden, unter Berücksichtigung der Energieversorgungssicherheit und des Energiebedarfs.

- Die Marktdurchdringung wird mit Fokus auf die Anwendungen im mobilen Sektor beginnen, der Übergang der Pilot-Projekte in den Flottenbetrieb ist erkennbar.
- Netzstabilität, Notstromversorgung und Insellösungen mit dem Energieträger Wasserstoff sind der heutige Fokus für die stationären Anwendungen.
- Die Verknappung der konventionellen Energieträger hat einen steten Preissprung nach oben zur Folge, diese unumkehrbare Entwicklung lässt die Notwendigkeit eines Alternativ-Energieträgers deutlich werden.

Dieser Report zeigt die Wertschöpfungskette, erörtert die Potenziale, integriert industrie- und strukturpolitische Entwicklungen, gliedert Kompetenzen, differenziert Spezifika und Szenarien, erläutert die Technologie und Energie.
Durch die jährliche Aktualisierung ist der Brennstoffzellenreport zu einem Werkzeug geworden und dient als "Potential-Scout" und "Wirtschafts-Moderator".

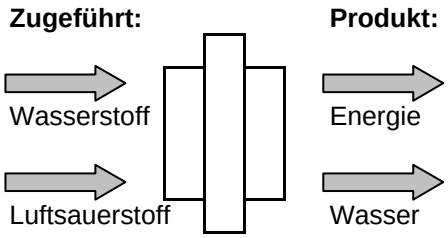
2 Systeme der Brennstoffzellentechnologie

Brennstoffzellen sind sehr einfach aufgebaut. Die eigentliche Zelle besteht aus drei übereinander liegender Schichten.
Die erste Schicht ist die **Anode**, die zweite ein **Elektrolyt** und die dritte Schicht bildet die **Kathode**. Anode und Kathode dienen als **Katalysator**. Die mittlere Schicht besteht aus einer Trägerstruktur, die den **Elektrolyten** in sich aufnimmt. Als Elektrolyten dienen in den verschiedenen Brennstoffzellentypen jeweils unterschiedliche Stoffe. Manche Elektrolyten sind flüssig, andere sind fest und haben eine **Membran**-Struktur.

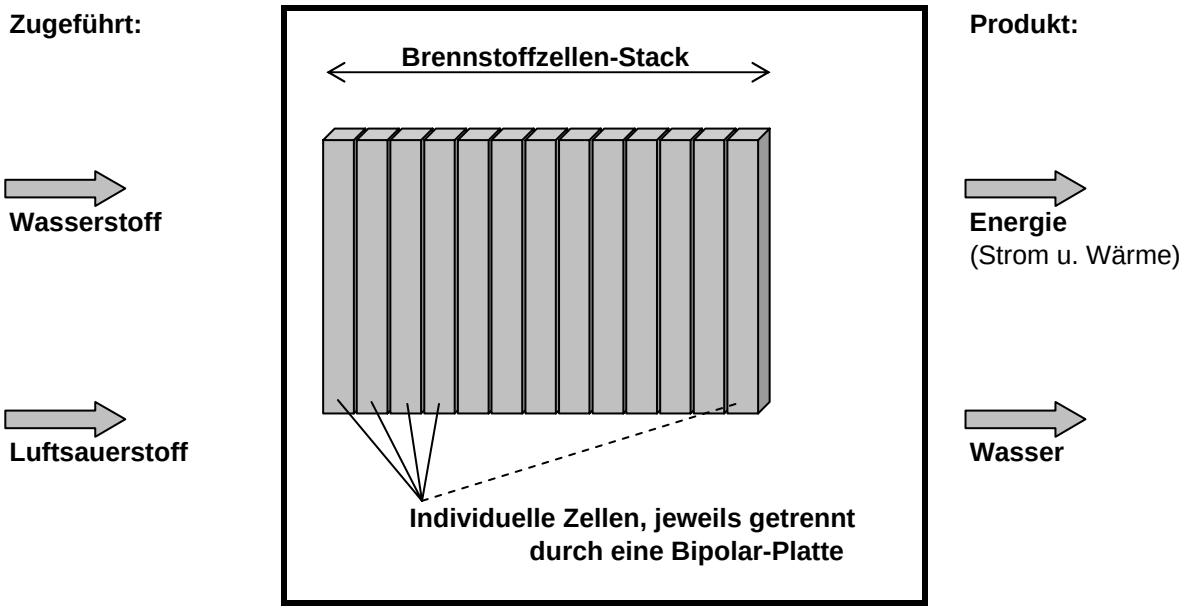


Da eine einzelne Zelle eine geringe Spannung erzeugt, werden je nach benötigter Spannung einzelne Zellen aufeinander gestapelt. Solch ein Stapel nennt sich **Stack**. Die einzelnen Zellen im Stack werden durch eine **Bipolarplatte** elektrisch voneinander getrennt.

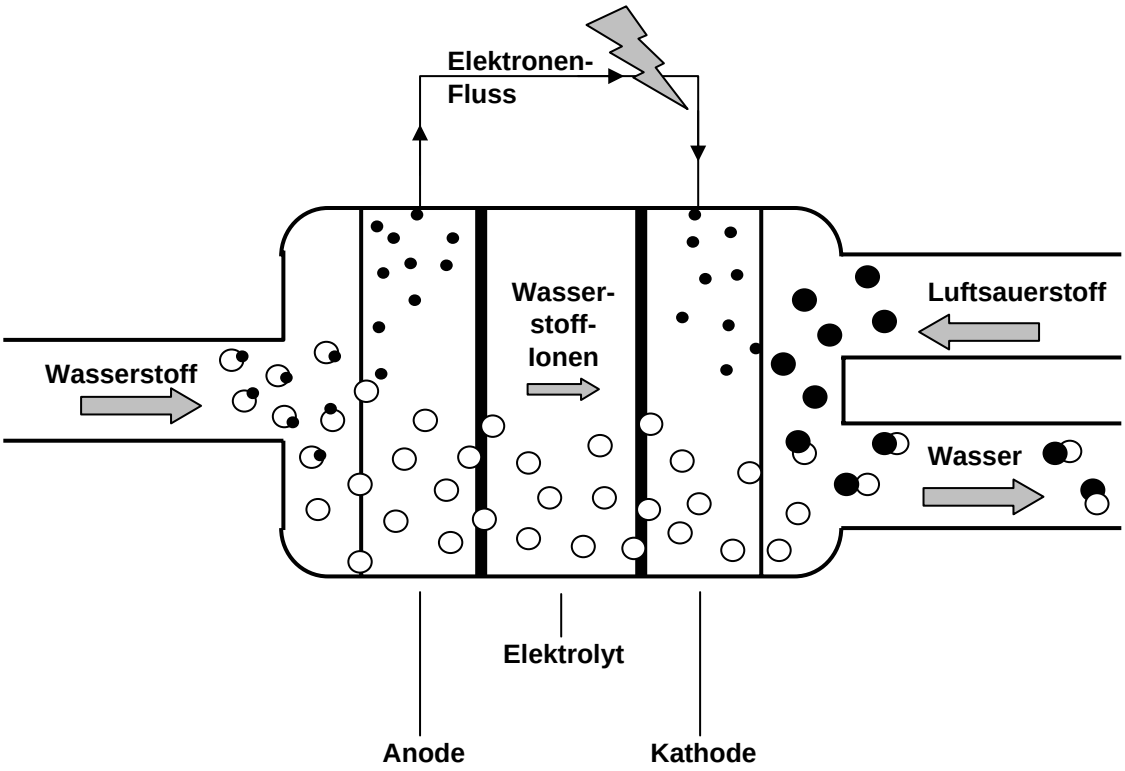
Das **Grundprinzip** der Brennstoffzelle:
Befindet sich an der Anode **Wasserstoff**, an der Kathode **Sauerstoff**, läuft folgender Vorgang ab: Ein Wasserstoffmolekül wird unter Abgabe von **Elektronen** in zwei Wasserstoffatome gespalten. Die entstehenden Wasserstoff-Ionen wandern durch den für sie durchlässigen Elektrolyten zur Kathode und oxidieren mit Sauerstoff zu **Wasser**. Damit Wasser entstehen kann, werden die Elektronen benötigt, die vorher an der Anode abgegeben wurden.
Der Elektrolyt stellt aber einen **Isolator** dar, durch den sich die Elektronen nicht bewegen können. Verbindet man nun die beiden Elektroden mit einem **elektrischen Leiter**, so wandern die Elektronen durch diesen von der Anode zur Kathode. Es fließt ein **nutzbarer, elektrischer Strom**.
Dieser Prozeß läuft kontinuierlich ab, solange ausreichend Wasserstoff und Luftsauerstoff vorhanden sind.



Eine Brennstoffzellen-Einheit: Der Brennstoffzellen-Stack:



Eine Brennstoffzellen-Einheit: Das Arbeitsprinzip:



2.1 Brennstoffzellentypen

Die Bezeichnung der Brennstoffzellentypen richtet sich nach dem Elektrolyten. Unterschieden wird in **Niedrig-Temperatur-**, in **Mittel-Temperatur-** sowie in **Hoch-Temperatur-Brennstoffzelle**.

Niedrig-Temperatur-Brennstoffzellen weisen eine Betriebstemperatur bis ca. 100°C auf:
- **Alkalische Brennstoffzelle (AFC)** **A**lkaline **F**uel **C**ell
- **Membran-Brennstoffzelle (PEMFC)** **P**roton **E**xchange **M**embrane **F**uel **C**ell
- **Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC)** **D**irect **M**ethanol **F**uel **C**ell

Mittel-Temperatur-Brennstoffzelle:
- **Phosphorsaure Brennstoffzelle (PAFC)** **P**hosphoric **A**cid **F**uel **C**ell

Hoch-Temperatur-Brennstoffzellen weisen eine Betriebstemperatur von 650°C bis 1000°C auf:
- **Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC)** **S**olid **O**xude **F**uel **C**ell
- **Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC)** **M**olten **C**arbonate **F**uel **C**ell

Je höher die Betriebstemperatur, um so geringer ist auf Grund der verwendeten Elektrolyten die geforderte Reinheit des Brennstoffs !!

Brennstoffzellentyp	Betriebs-Temperatur [°C]	Elektrolyt	Brennstoff	Oxidations-Medium
Alkalische Brennstoffzelle **AFC**	60 bis 100	Alkalilauge	Wasserstoff	Sauerstoff
Protonenaustausch Membranbrennstoffzelle **PEMFC**	50 bis 100	Perflurierte sulfonierter Polymer Elektrolyt	Wasserstoff und reformierter Wasserstoff	Luftsauerstoff
Direktmethanol-Brennstoffzelle **DMFC**	70 bis 100	protonenleitende Polymermembran	Wasserstoff reformiert aus Erdgas	Luftsauerstoff
Phosphorsaure Brennstoffzelle **PAFC**	160 bis 210	Stabilisierte Phosphorsäure	Wasserstoff reformiert aus Erdgas	Luftsauerstoff
Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle **MCFC**	650	Schmelzkarbonat-lösung	H_2 und CO aus interner Reformierung von Erd- oder Kohlegas	Luftsauerstoff
Festoxid-Brennstoffzelle **SOFC**	800 bis 1000	Festkeramischer Elektrolyt	H_2 und CO aus interner Reformierung von Erd- oder Kohlegas	Luftsauerstoff

Funktion und Anwendung der AFC:

Mit einer Betriebstemperatur von bis zu 100 °C ist die alkalische Brennstoffzelle eine Nieder-Temperatur-Brennstoffzelle. Unabdingbar für eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit ist der Einsatz von Katalysatoren.

30-Prozentige Kalilauge (KOH) dient der AFC als Elektrolyt, welche durch die Zelle gepumpt wird. Voraussetzung für den Betrieb einer AFC ist die Verwendung von reinsten Brenngasen: elementarer Wasserstoff bzw. Sauerstoff, da Kohlendioxid den Elektrolyten zersetzen kann:

$$\mathbf{OH^- + CO_2 \Rightarrow CO_2^{2-} + H^+}$$

Selbst ein Betrieb mit Luft ist unmöglich, weil auch hier kleinste CO_2-Anteile den Elektrolyten zersetzen können !!

Auf Grund der erforderlichen Gasreinheit findet die AFC ihre Anwendung nur im speziellen Einsatz:
- Die Marine verwendete die AFC in U-Booten
- In der Raumfahrt wurde die AFC in Raketen und im Spaceshuttle eingesetzt

In den sechziger Jahren wurde die AFC auf Grund ihres hohen Wirkungsgrad zur technischen Reife entwickelt.

Für eine zivile Anwendung stehen allerdings die Kosten und die Notwendigkeit der reinen Brenngase im Weg.
Aus diesen Gründen setzen die Marine und die NASA mittlerweile die PEMFC ein. Zur Senkung der Kosten wurde ein Einergieträger gesucht und gefunden, über den schnell und mit wenig Aufwand Wasserstoff hergestellt werden kann: z.B. Ammoniak (NH_3).

Funktion und Anwendung der PEMFC:

Bei einer PEM-Brennstoffzelle kommt ein edelmetallhaltiger Katalysator, meist Platin, zum Einsatz. Über das Platin können Wasserstoff und Sauerstoff miteinander reagieren. Das Elektrolyt, eine Polymer-Membran, läßt nur Protonen durch !
Die **Protonen und Elektronen entstehen an der Anode** durch Oxidation von dem Wasserstoff. Hierbei entsteht an der Anode ein Gleichgewicht zwischen absorbierten Wasserstoff-Molekülen und hydratisierten Wasserstoff-Ionen. Die **Protonen (H^+-Ionen) wandern durch die Membran zu der Kathode**. Hier findet die Reduktion von Sauerstoff zu Wasser statt.
Die für die Reduktion nötigen **Elektronen fließen durch einen äußeren Stromkreis zur Kathode**.
Die hiebei stattfindende Aufladung der Elektronen wird **Elektroden-Potenzial** genannt.
Die erzeugte **Potenzial-Differenz**, welche durch die Reaktion zwischen den beiden Elektroden erzeugt wird, ist die **treibende Kraft der Brennstoffzellen-Reaktion** und wird im äußeren Stromkreis **in elektrische Arbeit umgewandelt**.

Anode: $2H_2 \Rightarrow 4H^+ + 4e^-$

Kathode: $O_2 + 4e^- \Rightarrow 2O^{2-}$

Gesamtreaktion: $\mathbf{2H_2 + O_2 \Rightarrow 2H_2O}$

PEM-Brennstoffzellen sind in ihrer Handhabung sehr unkompliziert; die Leistungsabgabe läßt sich mit großer Dynamik regeln und ist deshalb besonders für die dezentrale Energie-versorgung und den mobilen (portablen) Einsatz geeignet !

Prototypen für Kraftfahrzeuge, BHKW´s, Heizgeräte und Elektonikgeräte haben die grundsätzliche Entwicklungsphase durchlaufen und haben die Serienreife erreicht !

Funktion und Entwicklung der DMFC:

Die Direkt-Methanol-Brennstoffzelle ist eine Weiterentwicklung der PEM-Brennstoffzelle und arbeitet ebenfalls bei Temperaturen bis 100 °C. Auch die DMFC ist mit einer Kunststoff-Membran als Elektrolyt ausgestattet. Hier kommt an der Anode Methanol (Methanol-Gas) zum Einsatz.
Das Methanol wird an dem Elektrolyten direkt in Protonen, freie Elektronen und Kohlendioxid (CO_2) umgewandelt.
Prinzipiell können sowohl alkalische als auch saure Elektrolyten verwendet werden.
Die **thermodynamischen Spannungen** haben folgenden Reaktions-Ursprung:

Sauer:	$CH_3OH + 3/2\ O_2 \Rightarrow CO_2 + 2H_20$	E_0; 25°C = 1,185 V
Alkalisch:	$CH_3OH + 3/2\ O_2 + 2OH \Rightarrow CO_3 + 3H_20$	E_0; 25°C = 1,252 V

Aktuell ist die DMFC in der Entwicklung; Entwicklungskriterien sind:

- höhere Stabilität der Katalysatoren
- bessere Zuverlässigkeit der Membran

IdaTech aus den USA bringen das erste DMFC-Heizgerät auf den Markt !!

Im mobilen Einsatz zeigen sich die Vorteile des Brennstoff Methanol. Methanol ist bis 65 °C flüssig; vorhandene Fahrzeuge müßten nicht aufwendig umgebaut werden,
wie es bei dem Wasserstoff-Gas nötig ist.
Der DMFC-Antrieb ist eine innovative Alternative zu herkömmlichen Motor-Antrieben, da hier die Brennstoff-Verdampfung und die Zellen-Befeuchtung entfallen !!
Die Weiterentwicklungen konzentrieren sich auf die Lebensdauer der Brennstoffzellen und die Energiedichte des Brennstoff.

Funktion und Anwendung der PAFC:

Der Elektrolyt der PAFC ist nahezu wasserfreie Phosphorsäure (P_2PO_4). Die phosphorsaure Brennstoffzelle arbeitet bei einer Betriebstemperatur bis zu 210 °C und ist daher eine Mittel-Temperatur-Brennstoffzelle.
Durch den Einsatz von Säure als Elektrolyt kann ein CO_2-haltiges Gas als Brennstoff genutzt werden. Kohlendioxid reagiert nicht mit Säure !!
In der Regel wird eine PAFC mit reformiertem Erdgas und Luftsauerstoff betrieben. Hier wird das Grubengas als Brennstoff hoch interessant !!
Der Elektrolyt der PAFC wird nicht als Flüssigkeit durch die Zelle gepumpt, er wird in einem porösen Kunststoffvlies aufgesaugt und somit zwischen die Elektroden gebracht. Als Elektoden kommen kunststoffgebundene Kohlematerialien zum Einsatz, welche mit katalytisch aktiven Edelmetall-Partikeln (Gold, Platin) belegt sind.

Der Wirkungsgrad einer PAFC ist nicht herausragend; trotzdem hat die PAFC den im Vergleich mit anderen Brennstoffzellen-Typen höchsten Entwicklungsstand ---> noch !!

Unter kommerziellen und auch technischen Gesichtspunkten ist eine PAFC für stationäre Anwendungen geeignet. Das Angebot reicht von 200kW-Anlagen bis zu Anlagen im MW-Bereich.

Die Erfahrungen: Betriebszeitraum von ca. 30.000 Laststunden:

- Die Verfügbarkeit einer Anlage unter Einbezug von Stillstandzeiten (Umbau-, Wartungszeiten) beträgt (Praxiserfahrungen !!) um 87%.

Funktion und Anwendung der MCFC:

Wie der Name der Molten Carbonate Fuel Cell schon verrät, kommen hier geschmolzene Karbonate als Elektrolyt zum Einsatz. Das sind meistens Alkalikarbonate wie:

- Litiumkarbonat (Li_2CO_3)
- Kaliumkarbonat (K_2CO_3)

Während bei einer PEMFC von der Anode H^+-Ionen zur Kathode wandern und dort mit O^{2-}-Ionen zu Wasser reagieren, verläuft die Reaktion bei einer MCFC anders herum: Ionen wandern von der Kathode zur Anode !

Durch die Zuführung von CO_2 an die Kathode reagieren die Sauerstoff-Ionen zu Carbonat-Ionen:

$$O^{2-} + CO_2 \Rightarrow CO_3^{2-}$$

Negativ geladene Karbonat-Ionen wandern durch den Elektrolyten zu der Anode. Dort reagieren die Karbonat-Ionen mit jeweils zwei H^+-Ionen zu Kohlensäure (H_2CO_3), die sofort in Wasser (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2) zerfällt.
Dem Luftstrom zur Kathode wird das entstandene Kohlendioxid beigemischt, damit der Karbonat-Kreislauf erhalten bleibt.

Eine MCFC kann ihre Eignung auf Grund der hohen Betriebstemperatur von 650 °C in BHKW´s und großen Kraftwerken finden. Mit Testanlagen mit Erdgas- oder Grubengas-Brennstoffeinsatz wurden **Leistungen von ca. 2MW erreicht !!!**

Funktion und Anwendung der SOFC:

Ein keramischer Festelektrolyt, meist ytrium-stabilisiertes Zirkon-Oxid (ZrO_2/Y_2O_3), wird in Festoxid-Brennstoffzellen verwendet.
Unterschieden wird zwischen verschiedenen Zellkonzepten, insbesondere zwischen:

- Röhrenkonzept
- Flachzellenkonzept (planare Anordnung)

Eine interne Reformierung des Brennstoff können verschiedene Brenngase zum Einsatz kommen !! Die hohe Betriebstemperatur von ca. 1000 °C ermöglicht einen Brennstoffeinsatz von CO-haltigen Gasgemischen !!

Das hohe Wirkungsgrad-Potenzial kann durch druckgeladenen Betrieb statt atmosphärischen Betrieb gesteigert werden.

Das Hauptanwendungsgebiet der SOFC liegt in:

- der Energieerzeugung durch Kraftwerke
- der Energieerzeugung durch BHKW´s
- der Nutzung im Bereich Kraft-Wärme-Kopplung

Daneben werden Großkraftwerke entwickelt, bei denen die Abwärme zur Stromerzeugung in Gasturbinen genutzt wird.

Im mobilen Bereich finden SOFC´s Anwendung als Batterie-Ersatz. Auch über längeren Stillstand, bei abgeschaltetem Motor, steht Strom zur Verfügung. Als Betriebsmittel dient Benzin, das durch einen einfachen Reformer der Brennstoffzelle zugeführt wird.

2.2 Anwendungsbereiche

Die Brennstoffzelle ist grundsätzlich nicht ortgebunden, da die benötigten Brennstoffe in Tanks oder Druckflaschen mitführbar sind !!
Das ist eine Grundvoraussetzung, damit die Brennstoffzellentechnologie im 21. Jahrhundert Maßstäbe für die Energieversorgung setzen kann.
Dem potenziellen Einsatz einer Brennstoffzelle ist somit keine räumliche Grenze gesetzt.

2.2.1 Anwendung: stationär

Die in einer Brennstoffzelle erzeugte Energie ist zu unterscheiden in
- **thermischer Energie** W_{th}
- **elektrischer Energie** W_{el}

Maßstäbe setzen kann der Einsatz von Brennstoffzellen in:
- **Kraftwerken** zur Energieversorgung
- **BHKW´s** zur dezentralen Energiegewinnung und Versorgung mit Nahwärme
- **Gewerbe** zur dezentralen Energiegewinnung und Versorgung mit Nahwärme
- **Bäder etc.** zur dezentralen Energiegewinnung und Versorgung mit Nahwärme
- **Öffentlicher Gebäude** zur dezentralen Energiegewinnung und Versorgung mit Nahwärme
- **Privathaushalte** zur dezentralen Energiegewinnung und Versorgung mit Nahwärme

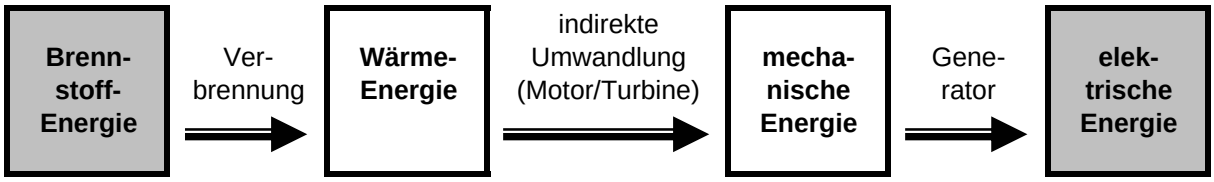
Brennstoffzellen besitzen einen **Wirkungsgrad von 65%** und arbeiten mit verschwindend geringen Schadstoff-Emissionen. Der **Kohlendioxid-Ausstoß** ist **um 50% geringer** als bei der Feuerung mit fossilen Brennstoffen. Dies favorisiert den Brennstoffzellen-Einsatz. Die absolute Geräuscharmut stellt den nächsten favorisierenden Faktor dar. Der Aufbau der Brennstoffzellen-Module läßt sich den örtlichen räumlichen Gegebenheiten anpassen !

In den Kraftwerken werden die Hoch-Temperatur-Brennstoffzellen Einzug halten, da hier kein reiner Wasserstoff für den Betrieb nötig ist, sondern als Brennstoff das in anlagenintern reformierte Erdgas oder Grubengas zum Einsatz kommt.
Gerade in Gebieten wie NRW, in denen die Montanindustie stillgelegte Zechen hinterläßt. Grundsätzlich schlummern in unserer Region ungenutzte Energiereserven. Man weiß heute, dass das Grubengas neben dem FCKW einer der großen Ozonkiller ist. Grubengas besteht zu 70% aus Methan (CH_4) und wird aus stillgelegten Zechen in die Atmosphäre entlassen.
Kraftwerke mit Brennstoffzellen-Technologie benötigen längere Anfahrzeiten, so dass der potentielle Einsatz nicht im Spitzenlast-, sondern im Grundlastbereich Einzug halten wird.

BHKW´s mit einem Leistungsbereich von 200 kW bis 250 kW befinden sich bereits hundertfach in der Erprobung. Deren Einsatz in der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung leisten einen Gesamtwirkungsgrad von 80% und weisen ein sehr gutes Teillastverfahren auf ! Marktreife besitzt hier bereits die PAFC !
Erzeugt wird eine dezentrale Energieversorgung und die Versorgung mit Nahwärme.
Im Gewerbe, in öffentlichen Gebäuden oder Privathaushalten hat die erdgasbetriebene PEMFC ihre Marktreife erreicht, so dass 2005 führende Unternehmen die Serienproduktion beginnen.
Im Gasbetrieb wird dezentral Strom und Wärme erzeugt. Über eine Kommunikations-Schnittstelle können viele dezentrale Brennstoffzellen-Geräte an ein zentrales Lastmanagement gekoppelt werden. Hier bietet sich die Möglichkeit des Aufbau so genannter "Virtueller Kraftwerke" ; Netzwerke von dezentralen Brennstoffzellenanlagen bzw. Hausenergiezentralen.

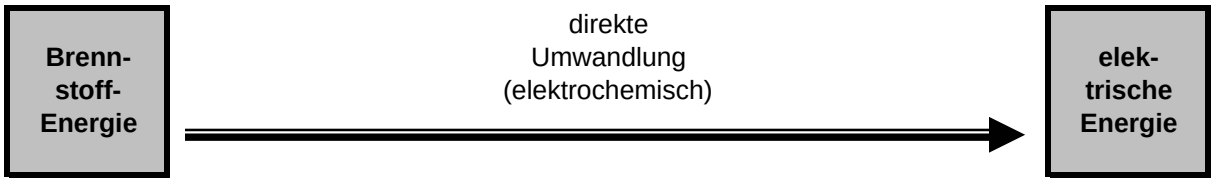
Umwandlungswege der Stromerzeugung im Vergleich:

Konventionelle Stromerzeugung:

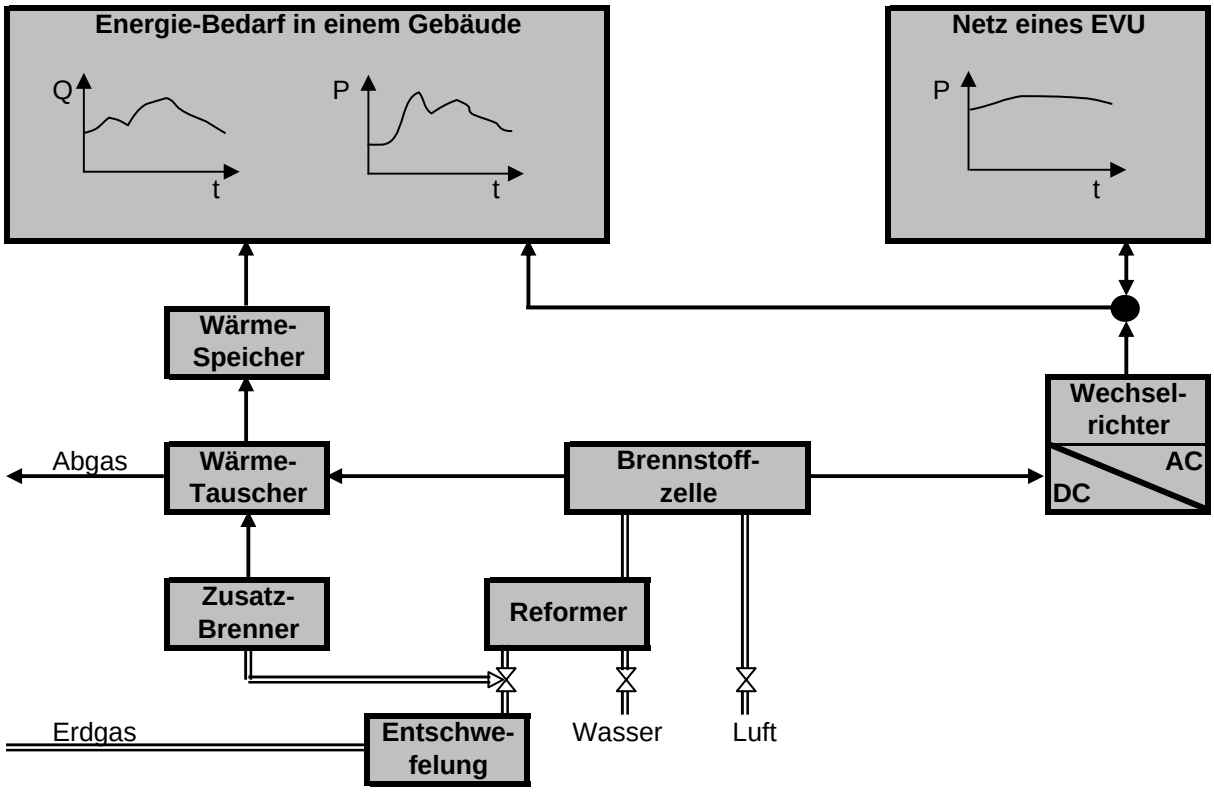


Stromerzeugung mit einer Brennstoffzelle:

Die Effizienz ist der Schlüssel für einen Erfolg in der Energie-Wirtschaft !!!



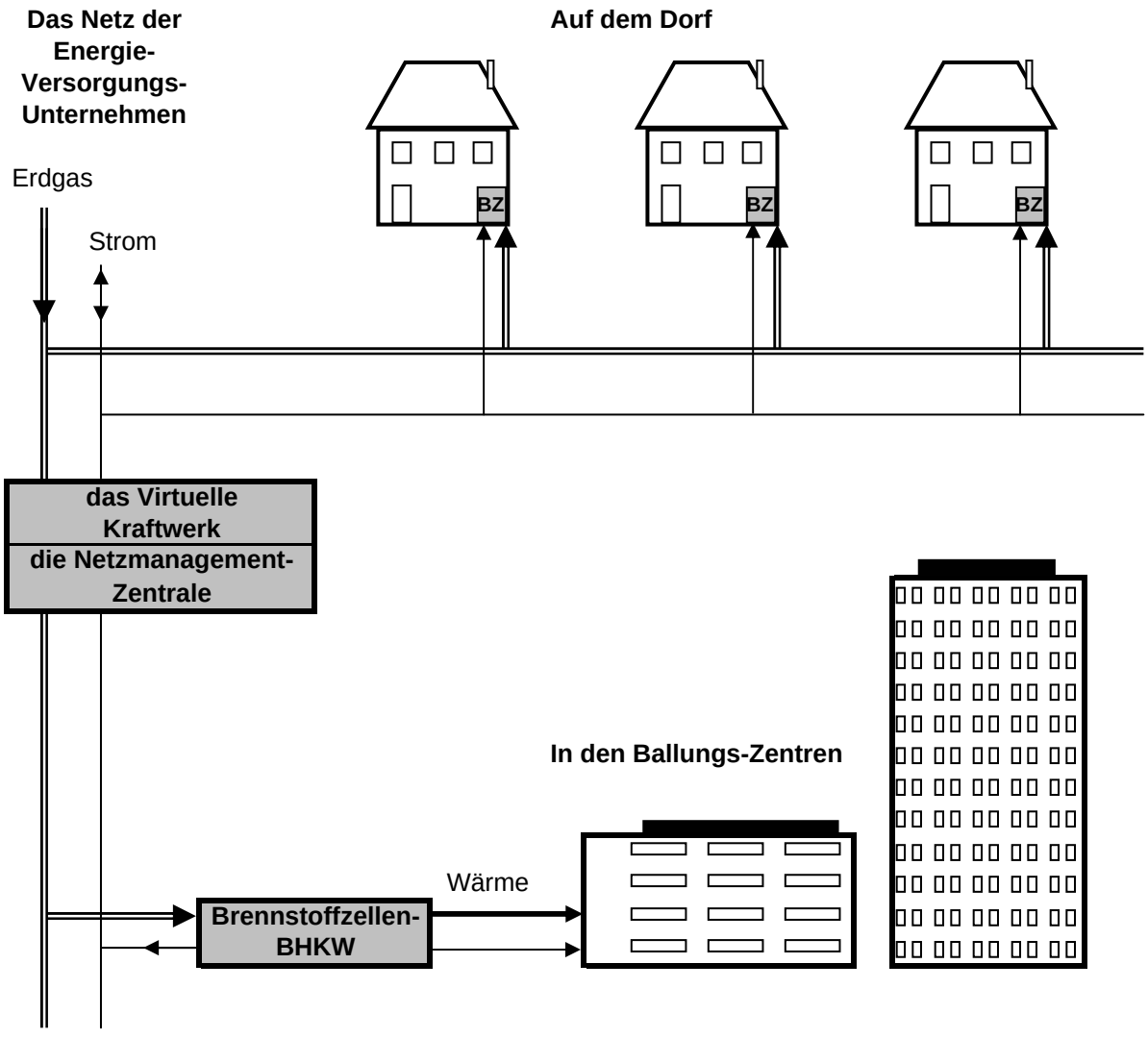
Die Brennstoffzelle am Beispiel der Hausenergie-Versorgung:



<u>In der Versorgungsstruktur der Netzbetreiber werden sich die Zentrale und die Dezentrale Stromversorgung ergänzen !!</u>
Eine gemeinsame Stromversorgung wird durch die Optimierung sowohl der Grundlast- und Mittellast-Kraftwerke als auch der flexiblen Kleinanlagen umgesetzt.
Viele Kleinanlagen werden gemeinsam als "Virtuelles Kraftwerk" gefahren: über ein sogenanntes "Netzmanagement".

<u>Es ergibt sich folgendes Szenario:</u>
Zeigt der Strombedarf im Netz Spitzen, so werden die Kleinanlagen von dem Netzmanagement automatisch auf Volllast geschaltet und speisen dann die maximale Menge an Strom ein.
Damit werden Spitzen der Lastkurven ausgeglichen.

<u>Die dezentrale Energieversorgung mit einer größeren Anzahl von Brennstoffzellen-Heizgeräten: Das virtuelle Kraftwerk:</u>



2.2.2 Anwendung: mobil

Brennstoffzellenantriebe haben einen Wirkungsgrad von bis zu 40% !
Der Ottomotor eines PKW kann lediglich einen Wirkungsgrad von ca. 23% aufweisen !

Der Grund liegt in der elektrochemischen Anwendung, die bei einer Brennstoffzelle vorliegt, gegenüber der thermodynamischen Anwendung durch Verbrennungsmotoren.
Wasserstoff hat eine sehr große Energiedichte, die komplett zur Energiegewinnung umgesetzt wird.

In der mobilen Anwendung kommen Niedrig-Temperatur-Brennstoffzellen und Mittel-Temperatur-Brennstoffzellen zum Einsatz.

Die PEMFC hat bereits Marktreife erreicht. In einem Druckgasspeicher kann Wasserstoff mitgeführt werden, jedoch hängt das eng mit der Tankinfrastruktur zusammen !
Alternativ besteht die Möglichkeit, mittels Dampf-Reformer die mobile Brennstoffzelle zu kombinieren und flüssige bzw. gasförmige Kohlenwasserstoffe (Diesel, Kerosin, Methanol, Erdgas) zu nutzen.

Die DMFC befindet sich derzeit im Entwicklungsstadium. Dieser Brennstoffzelle wird als Brennstoff direkt Methanol zugeführt, weist aber derzeit noch einen geringeren Wirkungsgrad auf.
Erste portable DMFC-Heizgeräte werden auf den Markt gebracht !

Brennstoffzellenantriebe befinden sich bereits seit drei Jahren im mobilen Einsatz in Bussen der Marken MAN, DaimlerChrysler und Neoplan.
Für spätestens 2005 planen die Berliner Verkehrsbetriebe AG und die Hamburger Hochbahn AG die Umrüstung ihrer insgesamt 2500 Busse !

Wichtig und hoch interessant ist der Einsatz von portablen Anwendungen !
Wesentlich wird die portable Brennstoffzellen-Technologie in den Einsatzbereichen:
- Notstromaggregate
- Inselanlagen
- Freizeitgeräte
- Kommunikations-Elektronik **Anwendung finden.**

Die Serienproduktion für Notebooks etc. wird bereits u.a. von der Firma Masterflex vorbereitet.
Hier kommen Wasserstoff-Speicher zum Einsatz, die eine wesentlich längere Betriebsdauer als Akkus gewährleisten.
Ein Handy kann mit einer DMFC-Brennstoffzelle eine zehnfache Sprechzeit nachweisen.
Ein Notebook weist mit einer DMFC-Brennstoffzelle eine Betriebszeit von 100 Stunden auf.

Zuerst wird die Brennstoffzelle in den Nischensparten Einzug halten und kurzfristig den Betrieb über herkömmliche Akkus ersetzen !!
- Elektrofahrräder
- Rasenmäher
- kompakte, portable Heizgeräte
- Gleichstrom-Verbraucher
- etc.

Masterflex hat ein Brennstoffzellen-Fahrrad entwickelt, welches mit einer Reichweite von ca. 250 km die zehnfache Reichweite aufweist, wie ein Akku-Elektrofahrrad !!

Der Reaktionsstoff für den Betrieb einer Brennstoffzelle: Wasserstoff

Die Technologie und Infrastruktur zur effizienten und kostengünstigen Speicherung wird erst mittelfristig perfektioniert sein !!
Kleinst-Speicher in Kasetten-Form im Einsatz der Elektronic können kurzfristig auf den Markt gebracht werden.
Großspeicher-Prototypen berechtigen zur Annahme, daß eine mittelfristige Wasserstoff-Infrastruktur diesen unerschöpflichen Energieträger revolutionieren wird.
Für den Übergang wird die Erdgas-Infrastruktur die industrielle Versorgungssicherheit gewährleisten.

Die Brennstoffzellen werden kurzfristig noch über reformierte fossile Brennstoffe betrieben !

Die Brennstofftabelle zeigt die technischen Spezifika nach dem heutigen Stand der Technik:

	Diesel	Benzin	Wasser-stoff gasförmig	Wasser-stoff flüssig	Methanol	Erdgas
Sicherheits-Bestimmungen	hoch	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch	hoch
Technischer Aufwand der Reformierung	sehr schwer	schwer	nicht erforder-lich	nicht erforder-lich	leicht	mittel
Industrielle Versorgung	gut	sehr gut	gering	sehr gering	genug	gut
Infrastruktur	sehr gut	sehr gut	gering	gering	gering	sehr gut
Umwelt-verträglichkeit	schlecht	schlecht	sehr gut	gering	gering	gering
aktuelle Anwendungs-bereiche	Leicht- und Schwerst-Fahrzeuge: Bus,Bahn...	Leicht-Fahrzeuge	Leicht-Fahrzeuge und Bus	Leicht-Fahrzeuge und Bus	stationär und portabel	stationär, portabel und Fahrzeuge

Im Fokus: Der Brennstoffeinsatz

3 Brennstoffeinsatz

Grundsätzlich kann außer dem reinen Wasserstoff eine ganze Reihe an potentiellen Brennstoff-lieferanten genannt werden, die entsprechend aufbereitet, gereinigt werden müssen:
- Erdgas
- Grubengas
- Methanol
- Biogas
- Klärgas
- weitere fossile Ausgangsstoffe und Nebenprodukte

Stationäre Anwendung:
Hier werden sicherlich hauptsächlich Wasserstoff und Gase zum Einsatz kommen.

Mobile Anwendung:
Der Einsatz des Brennstoff ist sicherlich die Schlüsselfrage für eine potenzielle Marktentwicklung ! Grundsätzlich ist der Einsatz von Benzin, Methanol und Wasserstoff für einen mobilen Brennstoffzellenantrieb möglich. Entscheidend wird aber für den mobilen Einsatz die Infrastruktur eines Wasserstoff- und Erdgas-Tankstellennetz sein.

Die Umrüstung der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor auf einen Brennstoffzellenantrieb mit Wasserstoff-Brennstoffeinsatz ist so aufwendig, dass sich der Aufwand nur in Serie, also für Fuhrparks rentiert.
Hier ist der Erdgas-Brennstoffeinsatz mit integriertem Reformer sehr wahrscheinlich !

Für die Serienreife von Neu-Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffeinsatz arbeiten aktuell Unternehmen der Automobil-Industrie und Energieunternehmen an einer
"Verkehrswirtschaftlichen Strategie".
Eine flächendeckende Markteinführung wird mittelfristg erwartet und ist nach dem aktuellen Stand der Entwicklungen auch sehr realistisch !

Mittel- bis langfristig wird sich Wasserstoff auf jeden Fall als alternativer Kraftstoff durchsetzen !
Der Kraftstoff Wasserstoff ist völlig unabhängig von der Mineralöl-Industrie.
Die Perspektive für die Zukunft ist die direkte Nutzung von Wasserstoff.

Hauptaufgaben zur Nutzung der Brennstoffe sind:
- die Gewinnung
- die Lagerung
- die Logistik
- die Bereitstellung

damit diese beim Endverbraucher zum Betrieb von Brennstoffzellen zum Einsatz kommen können.

Die Basis einer Volkswirtschaft, wie wir sie heute in Deutschland haben, ist die Bereitstellung von Energie !
Die Ressourcen der ohne großen Aufwand zu fördernden flüssigen und gasförmigen fossilen Brennstoffe (Kohlenwasserstoffe) sind "bald" aufgebraucht. Nach einer Statistik reichen die Erdölvorkommen bei dem derzeitigen Jahresverbrauch von 3,4 Mrd. t noch für rund 42 Jahre. Fügt man der Berechnung das sogenannte "unkonventionelle" Erdöl, wie Schweröl oder Teersande hinzu, reichen die Vorkommen noch 100 Jahre.
- Kapitel 10.1: Einführung in die Situation der Weltenergieversorgung

Die schwindenden Ressourcen und der Treibhauseffekt mit seinen globalen Folgen drängen zum zielorientierten Wechsel in der Energiewirtschaft !

Im Fokus: Der Heizwert der Energieträger:

Die Energieträger im Vergleich: aufsteigender Heizwert:

-	Braunkohle:	8,1	kJ/g
-	Brennholz	14,5	kJ/g
-	Methanol:	19,6	kJ/g
-	Steinkohle:	29,3	kJ/g
-	Heizöl:	42,7	kJ/g
-	Benzin:	43,5	kJ/g
-	Erdgas	50,1	kJ/g
-	**Wasserstoff:**	**199,9**	**kJ/g**

Im Fokus: Das Volumen der Energieträger bei gleichem Heizwert:

Die Energieträger im Vergleich: gleicher Heizwert:

-	**Heizöl:**	**1,0**	**l**
-	**Benzin:**	**1,0**	**l**
-	Methanol:	2,1	l
-	Wasserstoff flüssig:	3,4	l
-	Erdgas:	1,0	m^3
-	Wasserstoff gasförmig:	2,9	m^3
-	Steinkohle:	1,0	kg

Wasserstoff als Energieträger revolutioniert die Energieversorgung und gewährleistet auf Grund der unerschöpflichen Vorräte in der Natur die Energie-Versorgungssicherheit der Zukunft !!

Betrachtung der Energieträger und deren möglicher Einsatz als Brennstoff im Brennstoffzellen-Prozess:

3.1 Wasserstoff

Nahezu alle Tageszeitungen berichten derzeit über Wasserstoff und Brennstoffzellen.
Die Meinungen sind durchaus konträr. Trotzdem hat die Wasserstoff-Initiative ein Ziel bereits erreicht:

- **Wasserstoff ist in das Bewußtsein der Bevölkerung gerückt !**
- **Wasserstoff ist der Energieträger der Zukunft !**

Das Entwicklungs-Potenzial verdeutlicht die Listung aktueller Nachrichten im Kapitel 4.3.2 !

Es verwundert kaum, dass der ebenso revolutionäre Ausspruch des **EU Ratspräsidenten Romano Prodi** in den USA viel mehr Beachtung fand als in der europäischen Öffentlichkeit:
" I want to be remembered for only two things: the European Union´s eastward expansion and hydrogen energy ."

Für eine komplette Umstellung von fossilen Brennstoffen auf die Energiegewinnung mit Wasserstoff wird mit einer Zeitspanne von 50 Jahren gerechnet.
In sonnenreichen Weltregionen Wasserstoff als Speichermedium solarenergetisch zu erzeugen, gilt als Zukunftsmodell. Dieser Wasserstoff wäre Export-Gut in andere Regionen.

Hat sich in den Jahren 2002 bis 2004 die Kfz-Industrie mit ihren Prognosen zur Markt-einführung ihrer Brennstoffzellen-Antriebe parallel zu einer entstehenden Wasserstoff-Infrastruktur sehr stark zurückgehalten, so wird jedoch durch aktuelle Studien der Kfz-Industrie der Anteil von Wasserstoff-Antrieben bei Neufahrzeugen für das Jahr 2015 bereits mit 8% angenommen.
In den Prognosen spielt die Bedeutung der zukünftigen Kraftstoffe eine Schlüsselrolle. Durch die Gegenüberstellung der konventionellen Energiespeicher wie Benzin und Diesel zu den emissions-armen Energiespeichern wie Biodiesel und Erdgas ergibt sich für die Zukunft eine Dominanz der Zukunfts-Energiespeicher Biogas und Wasserstoff; wobei durch Gewichtung der verschiedenen Energiespeicher das Benzin auch in den kommenden drei Jahrzente eine wesentliche Rolle spielen wird. Die stetig wachsende Erdgas-Infrastruktur ist als Vorreiter des sogenannten "Low-Emissions-Markt" zu sehen.

Prognose zum Marktanteil für das Jahr 2015:

(Bio)Diesel	Anstieg	von	17 %	auf	25 %
(Biogas)Erdgas	Anstieg	von	0 %	auf	6 %
Wasserstoff	Anstieg	von	0 %	auf	8 %
Benzin	Abnahme	von	83 %	auf	61 %

Mit dem Wechsel von kostspieligen Einzelanfertigungen der Wasserstoff-Antriebe hin zu ersten Vorserien-Flotten wird aller Voraussicht nach ab 2008 zu rechnen sein.

3.1.1 Wasserstoff als Grundstoff

Wasserstoff ist das erste Element im Periodensystem der Chemie und kommt auf Grund der chemischen Eigenschaften in natürlicher Form nur gebunden vor.
Die wohl allgemein bekannteste Wasserstoff-Verbindung ist das Wasser (H_2O); Wasserstoff ist eines der häufigsten Elemente aller auf der Erde vorkommenden Verbindungen und besitzt beinahe unausschöpfliche Ressourcen.

Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses und vollkommen ungiftiges Gas; außerdem besitzt Wasserstoff von allen Brenn- und Treibstoffen die höchste massebezogene Energiedichte.
1 kg Wasserstoff enthält ebensoviel Energie wie **2,1 kg Erdgas** oder **2,8 kg Benzin** !
Die volumenbezogene Energiedichte von flüssigem Wasserstoff beträgt etwa:
- 1/4 derjenigen von Benzin
- 1/3 derjenigen von Erdgas

Der Gewichtsanteil von Wasserstoff an Wasser beträgt 11,2%.

Die Verbrennung von Wasserstoff mit Luft geschieht bei geeigneter Verbrennungsführung nahezu emissionsfrei.
Unter geeigneter Prozeßführung ist zu verstehen, dass Stickoxidemissionen mit der Verbrennungstemperatur exponentiell zunehmen. Niedrige Verbrennungstemperaturen sind z.B. durch hohen Luftüberschuß erreichbar.

Durch den Einsatz von Wasserstoff in Niedrig-Temperatur-Brennstoffzellen werden Schadstoff-Emissionen vollständig vermieden !
Durch den Einsatz von Wasserstoff in Hoch-Temperatur-Brennstoffzellen werden Schadstoff-Emissionen, verglichen mit konventionellen Kraftwerken, um das 100-fache verringert !

Wasserstoff als Sekundärenergieträger bietet die Möglichkeit, verschiedenste erneuerbare Energien flexibel in den Brenn- und Kraftstoffsektor einzufügen.
Zur Beurteilung der Umweltrelevanz ist die gesamte Brennstoffkette von der Primärenergie bis zur Endanwendung zu betrachten.

3.1.2 Wasserstoff: als Nebenprodukt der chemischen Industrie

Der größte derzeitige Erzeuger, aber auch Nutzer des Wasserstoff ist die chemische Industrie.
Der derzeitige Verbrauch des Wasserstoff pro Jahr in Zahlen:
- 500 Mrd. Nm³ weltweit
- 20 Mrd. Nm³ in Deutschland

Haupterzeuger des Wasserstoff sind die Rohölraffinerieprozesse und die Herstellung von Kunststoffen. Hier fällt Wasserstoff als Nebenprodukt an und deckt 38% des weltweiten Wasserstoffbedarf.
Weitere Wasserstoffproduktion wird durch die Erdgasdampfreformierung und durch die partielle Oxidation erreicht.

Die Industrie nutzt Wasserstoff z.B. zur Ammoniak-Produktion, zur Produktion organischer Zwischenprodukte, zur Eisenerzreduktion, in der Lebensmittel-Industrie, in der Hlableiter-Industrie oder in der Gas-Industrie (medizinische und technische Gase).

In der Bundesrepublik Deutschland existieren zwei große Wasserstoffverteilernetze. Diese verbinden industrielle Produzenten und Abnehmer.
Seit 70 Jahren versorgt eine **260 km lange Wasserstoff-Pipeline** beginnend im **nördlichen Ruhrgebiet** in Richtung Süden **bis Köln** die Industrie mit Wasserstoff.
Der Betreiber der Wasserstoff-Pipeline ist **Air Liquide** im Auftrag der **Degussa AG**.

In der **Region Leuna-Bitterfeld-Wolfen** verläuft ein zweites Wasserstoff-Netz. Der Betreiber ist die **Linde AG**.
Die Gesamtlänge der Wasserstoff-Pipelines in der Bundesrepublik Deutschland beträgt 1000 km !!

Der industrielle Wasserstoffbedarf steigt stetig und sehr stark, so dass die Industrie die gezielte Wasserstoff-Produktion schon lange als einen enorm gewinnbringenden Industrie-Schwerpunkt erkannt hat.

Der zukünftige Bedarf an Wasserstoff als Brennstoff in Hinsicht auf die Einführung der Serien-Produktion von Brennstoffzellen wird den gesamten Energiemarkt revolutionieren !!
Es wurden bereits einige Verfahren zur Wasserstoff-Herstellung bis zur Serienreife entwickelt, andere befinden sich noch im Entwicklungsstadium :

- Dampfreformer (Erdgas)
- Partielle Oxidation (Ölvergasung)
- Autotherme Reformer (Methanolreformierung)
- Elektrolyse (Wasser)
- Biomasse (Vergasung,Vergährung)
- Kvaerner-Verfahren
- Wasserstoff aus Grünalgen (Biochemische Batterien)
- Wasserstoff aus Zucker (Mikroben-Batterie)

Unterschieden werden die Verfahren in:

- primärenergetische Erzeugung
- sekundärenergetische Erzeugung

3.1.3 Wasserstoff: primärenergetische Erzeugung

Als primärenergetische Erzeugung des Wasserstoff wird die Gewinnung aus fossilen Energieträgern bezeichnet.
Hinzu kommen die neu entwickelten Verfahren der Vergasung, Vergährung von Biomassen und Klärmassen, sowie durch "biochemische Batterien".

Dampfreformer (Erdgas):

Die Dampfreformierung ist in zwei Prozeßschritte unterteilt. Im ersten Schritt erfogt eine **endotherme katalytische** Umsetzung von leichten Kohlenwasserstoffen, wie z.B. Methan, mit Wasser. Dieser Vorgang erfogt in großtechnischen Anlagen bei Temperaturen von 800 bis 900°C und einem Druck von ca. 25 bar. $\mathbf{CH_4 + 2\ H_2O \Rightarrow CO_2 + 4\ H_2}$
Der zweite Prozeßschritt, die **exotherme katalytische** Umsetzung des entstandenen Kohlenmonoxids mit Wasserdampf, wird auch **Shiftreaktion** genannt.

$$\mathbf{CO + H_2O \Rightarrow CO_2 + H_2}$$

Das entstandene Gas wird gereinigt. Das Restgas ist bis zu 60% brennbar und wird zur Befeuerung des Reformers verwendet.
Dieses Verfahren ist technisch sehr ausgereift. Große Reformierungsanlagen leisten Produktionskapazitäten von bis zu 100.000 Nm^3 Wasserstoff pro Stunde !!

Anlagenhersteller sind unter anderen die Krupp Uhde GmbH und die Linde AG.
Die Herstellungskosten des Wasserstoff mit diesem Verfahren betragen 0,1 Euro / Nm^3 .

Partielle Oxidation (Ölvergasung):

Das technisch ausgereifte Verfahren der partiellen Oxidation ist eine **exothermische Umsetzung** von Erdgas oder schweren Kohlenwasserstoffen, wie z.B. schweres Heizöl oder Rückstandsölen aus der Erdölverarbeitung, mit Sauerstoff. In der Shiftreaktion wird das im Produktgas enthaltene Kohlenmonoxid entfernt.

$$\mathbf{2\ CH_4 + H_2O + O_2 \Rightarrow CO + CO_2 + 5\ H_2}$$

Das entstandene Gas wird nun ähnlich wie bei der Dampfreformierung einer CO_2-Reinigung unterzogen.
In Kohleländern wie Südafrika oder China wird Wasserstoff auch durch partielle Oxidation von Kohle durchgeführt. Dieses Verfahren ist ähnlich der Ölvergasung, nur dass eine Kohlebehandlung vorangeht. Die Kohle wird hierbei zermahlen und mit Wasser zu einer Suspension vermischt. Dieses Verfahren ist etwas teurer als die Erdgasdampfreformierung. Die Partialoxidatoren werden ebenfalls unter anderen von der Krupp Uhde GmbH und der Linde AG produziert.

Autotherme Reformer (Methanolreformierung):

Wasserstoff kann auch aus Methanol hergestellt werden, wobei grundsätzlich sowohl die Dampfreformierung als auch die partielle Oxidation genutzt werden können. Die Kombination aus beiden Verfahren wird **autotherme Reformierung** genannt. Dieses Verfahren kann sowohl mit Methanol als auch mit Erdgas, Benzin oder Diesel angewandt werden; ermöglicht aber wesentlich **höhere Wirkungsgrade** als eine partielle Oxidation alleine. Die Wasserdampf- und Luftzufuhr wird so eingestellt, dass der **exotherme Reaktionsverlauf** der partiellen Oxidation den Energiebedarf der Dampfreformierung deckt.
Man erhofft sich vor allem in dem Bereich der mobilen Anwendungen das einfachere Handling und die höhere Energiedichte eines konventionellen flüssigen Kraftstoffs wie Methanol zur Versorgung der Brennstoffzelle nutzen zu können.

Biomasse (Vergasung/Vergährung):

Neben den kommerziellen Verfahren, bei denen z.B. durch Verbrennung von Biomasse Energie erzeugt wird, kann man Biomasse auch für die Wasserstoff-Produktion bzw. die Wasserstoff-Versorgung von Brennstoffzellen nutzen.
Wasserstoff kann man durch **Pyrolyse** und Vergasung aus Biomasse gewonnen werden. In der ersten Stufe des Herstellungsverfahrens fallen neben Primärgasen auch Koks und Methanol an. Dieser Vorgang wird als **thermische Zersetzung bzw. Pyrolyse** bezeichnet.
In der zweiten Stufe, der eigentlichen Vergasung, entstehen durch Reaktionen mit Wasserdampf und Sauerstoff ein Gasgemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan.
Die endothermen Teilreaktionen überwiegen, somit muß Energie hinzugefügt werden.
Wasserstoffreiches Gas wird dann über Reformierung und die CO-Shiftreaktion hergestellt.

Aus Biomasse mit hohem Feuchtigkeitsanteil, z.B. Biomüll aus den Haushalten, kann durch anaerobe Methangährung Biogas hergestellt werden, das 60 bis 70% Methan enthält.
In fortschrittlichen Brennstoffzellen, wie der MCFC kann das Gas somit direkt als Brenngas eingesetzt werden, was hohe Stromerzeugungs-Wirkungsgrade zur Folge hat.

Kvaerner-Verfahren:

Seit Anfang der 80er Jahre entwickelt die Kvaerner Engineering S.A. aus Norwegen das sogenannte Kvaerner-Verfahren: **Kvaerner Carbon Black and Hydrogen Process** zur CO_2-freien Erzeugung von Wasserstoff. Kohlenwasserstoffen (Erdgas, Erdöl) werden in einem Plasmabrenner bei ca. 1600°C in Aktivkohle (reiner Kohlenstoff) und Wasserstoff getrennt.

$$CH_4 \Rightarrow C + 2H_2$$

Eine **seit 1992** in Kanada betriebene **Pilotanlage** erzeugt aus 1000 Nm³/h Erdgas und 2100 kW elektrischer Energie neben Heißdampf mit einer Leistung von 1000 kW rund 5000 kg/h Aktivkohle und 2000 Nm³/h Wasserstoff.

Berücksichtigt man alle verwertbaren Produkte, erreicht die Anlage einen Wirkungsgrad von nahezu 100% ! Ca. 48% entfallen auf den Wasserstoff, etwa 40% auf die Aktivkohle und 10% auf den Heißdampf.

Als nächsten großen Schritt plant man die Entwicklung einer Anlage, die unter industriellen Bedingungen 100.000 Nm³/h Wasserstoff produzieren soll.

Wasserstoff aus Grünalgen (Biochemische Batterien):

Grünalgen spalten mit Hilfe des **Enzyms Hydrogenase** Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff, wobei sie die dafür nötigeEnergie durch **Photosynthese** erhalten. Setzt man die Algen aus in eine Art **"Schwefeldiät"**, reduziert man den Stoffwechsel und die Algen sind nicht mehr in der Lage, die Energie der Photosynthese zu verwerten. Sie gibt den Energie-Überschuß in Form von Wasserstoff ab, den sie normalerweise als Energie-Speicher benutzt.

Wissenschaftlern der Universität Bonn ist es gelungen, das Gen mit dem Bauplan der Hydrogenase aus Grünalgen zu isolieren. Der Aufbau des Enzyms muß zwar noch weiter entschlüsselt werden, um die Reaktionsstellen genauer bestimmen zu können, aber die Forscher zeigen sich optimistisch.

Das Forschungsteam vom Botanischen Institut der Uni Bonn hat das Enzym bereits mit einer Art "Turbo" versehen können, indem es die Grünalgen gentechnisch so verändert hat, dass sie im Vergleich zu ihren natürlichen Verwandten zwei- bis dreimal soviel Wasserstoff produzieren.

Im Rahmen eines international geförderten Projekt versuchen die Forscher jetzt, die Hydrogenase an künstlichen Membranen zu befestigen und eine **"biochemische Batterie"** zu erzeugen.

Wasserstoff aus Zucker (Mikroben-Batterie)

Das **Bakterium Rhodoferax ferrireducens** erzeugt aus Zucker elektrischen Strom, wobei es Elektronen direkt von seinem kohlenhydratreichen Futter auf den Pol einer Batterie übertragen kann. Somit entsteht eine Stromquelle, welche sowohl effizient als auch von langer Lebensdauer ist. Publiziert wurde diese Entdeckung durch amerikanische Wissenschaftler in dem Fach-magazin "Nature Biotechnologie".

Die Idee, Bakterien für die Energiegewinnung einzusetzen, ist nicht neu !!

In sogenannten **"Mikroben-Brennstoffzellen"** produzieren **Kolibakterien** Wasserstoff, nachdem sie mit Zucker gefüttert wurden. In einer Reihe chemischer Reaktionen werden diesem Wasser-stoff Elektronen entzogen, welche an einen Batterie-Pol geliefert werden und somit Strom erzeugen.

Die Bakterien, welche in der Universität von Massachusetts für Batterien Verwendung finden, sind schon einen Schritt weiter.

Dem Zucker werden direkt die Elektronen entzogen und an einen Batterie-Pol abgegeben. Somit entfällt die aufwändige Umwandlung des Wasserstoff und die Energieübertragung wird wesentlich effizienter ! Diese Bakterien in der neuen Batterie erreichen eine **Effizienz von mehr als 80% !!** Die herkömmlichen "Mikroben-Brennstoffzellen" erreichen eine Effizienz von 49%.

Die Bakterien sind bei ihrem Futter nicht wählerisch.

Zum Einsatz kommen kann Traubenzucker, Fruchtzucker, Raffinadezucker und auch Xylose (Zuckerart, welche in Holz oder Stroh vorkommt). Somit ist sich die Forschung sicher, einen Grundstein für die effiziente Energiegewinnung aus zuckerhaltigem Müll gesetzt zu haben.

3.1.4 Wasserstoff: sekundärenergetische Erzeugung

Elektrolyse (Wasser):

Unter den verschiedenen Verfahren zur Wasserstoffherstellung ist die Elektrolyse heute und auf absehbare Zeit die einzige von praktischer Bedeutung. Sie wird in ihrer bekanntesten Form, der alkalischen Elektrolyse, bereits seit 80 Jahren angewandt.
Eine **Elektrolyse** besteht aus zwei Teilreaktionen **an den beiden Elektroden**.
In einer **elektrisch leitenden Flüssigkeit**, dem sogenannten **Elektrolyten**, kommt es bei einem von außen erzwungenen Stromfluss (Gleichstrom) zur Zersetzung des Elektrolyten und einer Abscheidung von Stoffen an den Elektroden.
Die entstandenen negativ geladenen Ionen geben an der positiv geladenen Anode Elektronen ab, die über den Stromkreis zur Kathode wandern. Dort nehmen positiv geladene Ionen Elektronen auf.
Achtung !!! Die Bezeichnungen Kathode und Anode sind umgekehrt als bei der Brennstoffzelle !

Für die **Wasserelektrolyse** ergeben sich folgende **Reaktionen:**

Kathode	**$2\ H_2O + 2\ e^- \Rightarrow H_2 + 2\ OH^-$**
Anode	**$2\ H_2O \Rightarrow O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^-$**
Gesamtreaktion	**$2\ H_2O \Rightarrow 2\ H_2 + O_2$**

Niederdruck-Elektrolyse:

Die Niederdruck-Elektrolyse ist am weitesten entwickelt und stellt die konventionelle Form der Elektrolyse dar.

Hochdruck-Wasserelektrolyse:

Die Hochdruck-Wasserelektrolyse befindet sich derzeit in der Entwicklung. Durch Material-Verbesserung soll ein Verfahren mit höherem Druck entwickelt werden. Der Elektroyseur soll an Aggregate mit unbeständiger Energieversorgung koppelbar sein, da z.B. der Strom einer Photovoltaik-Anlage flukturierender Natur ist.

Hochtemperatur-Wasserelektrolyse:

Bei diesem Verfahren soll die Energie des durch industrielle Prozesse erwärmte Wasser genutzt werden. Das kann z.B. Abwärme sein, da das Wasser energiespeichernde Eigenschaften aufweist: **Dissoziationsenergie** des Wassers.
Dies führt dazu, dass der Strombedarf sinkt und damit der primärenergetische Wirkungsgrad gegenüber der wässrigen, alkalischen Elektrolyse steigt.
Hochtemperaturelektrolyseure arbeiten bei Arbeitstemperaturen von etwa 900 °C.

Beim alkalischen Elektrolyseur wird bei einer Gleichspannung von mindestens 1,5 Volt an der Kathode Wasserstoff und an der Anode Sauerstoff gebildet. Als Elektrolyt dient Kalilauge mit einer Konzentration von 20% bis 40%. Eine gasdichte Membran, das sog.Diaphragma, lässt zwar den Transport von OH-Ionen zu, verhindert aber gleichzeitig die Vermischung der Produktgase.
Der PEM-Elektrolyseur besteht aus einer protonendurchlässigen Polymermembran (englisch: proton exchange membran electrolyzer). Diese ist beidseitig mit porösen Platinelektroden kontaktiert. An diese wird eine äußere Spannung angelegt. Auf der Anodenseite des Elektrolyseurs wird Wasser zugeführt. Die katalytische Wirkung des Platins führt zur Zersetzung des Wassers an der Anodenseite. Es entstehen Sauerstoff, freie Elektronen und positiv geladene H+-Ionen.
Die Wasserstoff-Ionen diffundieren durch die protonenleitende Membran auf die Kathodenseite, wo sie mit den Elektronen zu Wasserstoff kombinieren.
Derzeit beträgt der Anteil der weltweiten Wasserstoff-Produktion durch Elektrolyse nur 0,2% !!

3.1.5 Wasserstoff: Anwendung

Dieser Report hat die "Brenstoffzellen-Technologie" zum Schwerpunkt. Deshalb werden die allgemeinen Anwendungsmöglichkeiten des Wasserstoff in Kurzform gelistet:

Stationäre Anwendung:
Neben den konventionellen industriellen Anwendungen in der chemischen und petrochemischen Industrie und der Zumischung von Wasserstoff zum Erdgas lassen sich die energetischen Anwendungen in **Stromerzeugung, Wärmeerzeugung** und kombinierte Kraft-Wärme-Kopplung unterteilen.

Chemische und petrochemische Anwendung:
Der nicht-energetische Einsatz des Wasserstoff in der Industrie erstreckt sich weltweit auf beinahe 50%. Zum Beispiel:
- Herstellung von Ammoniak
- Vorprodukte für die Düngemittel-Industrie
- Herstellung organischer Zwischenprodukte
- Eisenerzreduktion
- Fettchemie
- Chlor- und Wasserstoffperoxid-Produktion
- Halbleiter-Industrie
- Gas-Industrie: medizinische und technische Gase
- Entschwefelung von Heizöl und Kraftstoffen

Mobile Anwendungen:
Derzeit gibt es in der BRD ausschließlich Fahrzeug-Anwendungen, die noch in der Entwicklung sind ! Heute gibt es noch keine als Serienfahrzeuge günstig erhältlichen Fahrzeuge; bei allen bisher realisierten Fahrzeugen handelt es sich entweder um Anpassungen konventioneller Fahrzeuge an einen Wasserstoffbetrieb (analog der Umrüstung von Benzinfahrzeugen auf Erdgasbetrieb) oder um aufwendige Einzeldemonstrations-Anwendungen.
Entsprechende Projekte befinden sich in der Entwicklung: Anwendung in **Eisenbahnen, Flugzeugen, Schiffen** und **Kraftfahrzeugen**.

Betankungsinfrastruktur für Wasserstoff:
Druckwasserstoff (CGH_2) und Flüssigwasserstoff (LH_2) werden vergleichbar gehandhabt und betankt wie Druckerdgas (CNG) und Flüssigerdgas (LNG).
Methanol z.B. kann ähnlich wie Benzin bereitgestellt werden.
Im Vergleich zum Erdgas handelt es sich bei Wasserstoff und Methanol, wie bei Benzin und Diesel, um Sekundärenergieträger, welche erst aus Primärenergien gewonnen werden müssen.
Druckwasserstoff (CGH_2) wird auf etwa 25 bis 30 MPa verdichtet.
Flüssigwasserstoff (LH_2) wird bei -253°C verflüssigt.

Portable Anwendungen:
Air Produkts hat eine Wasserstoff-Tankstelle entwickelt, die in einem Anhänger für Kraftfahrzeuge oder Nutzfahrzeuge zum Einsatz kommt.

3.1.6 Wasserstoff: Speicher

Es gibt verschiedene Techniken, den Energieträger Wasserstoff zu speichern, welche jeweils für unterschiedliche Aufgaben entwickelt sind. Unterschieden wird zwischen gasförmigem, flüssigem und chemisch gebundenem Zustand:

- **Druckspeicherung** Druckwasserstoff (CGH_2)
- **Speicherung von flüssigem Wasserstoff** Flüssigwasserstoff (LH_2)
- **Absorptionsspeicher** (chemische Einlagerung)

Druckspeicherung

Wird gasförmiger Wasserstoff unter einem höheren Druck als dem Normaldruck gespeichert, so handelt es sich um Druckspeicherung.
Die Tanks für eine Druckspeicherung unterscheiden sich in der Konstrution entsprechend dem Einsatzgebiet und dem erforderlichen Druckniveau.

- **Stationäre Tanks**
  haben in der Regel ein niedrigeres Druckniveau, da die Speicher kostengünstiger sind.
  Große Mengen Wasserstoff für industrielle Zwecke werden in unterirdische Kavernenspeicher gepresst.
  Wasserstoff wird bei einem Druck von bis zu 50 bar gespeichert. Anwendung findet dieses Verfahren verbreitet in den USA und in Frankreich. In deutschen Kavernenspeichern wird derzeit Erdgas gespeichert; diese Speicher sind potenzielle Wasserstoff-Speicher für eine künftige Wasserstoff-Infrastruktur.

- **Mobile Tanks**
  haben ein Druckniveau von bis zu 700 bar, um platzsparend möglichst viel Wasserstoff mitzuführen.
  Druckflaschen aus Stahl haben ein großes Eigengewicht. Deshalb wurden Druckspeicher aus Verbundmaterial entwickelt:
  Kohlefaserverbundwerkstoffe mit dünnem Innenbehälter aus Aluminium.

Die stationäre Speicherung von großen Wasserstoffmengen in unterirdischen Salz- oder Felskavernen bei einem Druckverhältnis von ca. 50 bar ist erst ab einem Speichervolumen von mehreren hundert Normkubikmetern (Nm^3) relevant.

Je höher der Druck im Tank, umso höher ist auch die gespeicherte Menge des Energieträger Wasserstoff.
Im Zuge der Einführung erdgasbetriebener Fahrzeuge wurden moderne Druckgastanks aus Stahl entwickelt, diese sind in der Regel mit einem Druck bis 200 bar zu füllen.
Hinzugekommen sind Composite-Tanks (Vollverbunddruckflaschen), diese können bis zu einem Druck von 350 bar gefüllt werden.
Die volumenspezifische Speicherdichte erreicht:
- bei Stahlflaschen 0,5 kWh/l
- bei Vollverbundflaschen 0,8 kWh/l

Speicherung von flüssigem Wasserstoff

Wasserstoff wird flüssig bei -253°C, hat in diesem Zustand das geringste Volumen und somit die höchste Speicherdichte.
Diese Speicherform ist hoch effizient auf Grund des geringeren Platzbedarf im Einsatz von Wasserstoff in Fahrzeugen.
Tanks für flüssige, tiefkalte Gase sind von sehr hoher Qualität; Abdampf-Verluste durch Erwärmung sind sehr gering.
Automatische Tankroboter für die Betankung wurden bereits entwickelt.
Für den stationären Bereich ist flüssiger Waserstoff hauptsächlich an Tankstellen interessant, da für andere Anwendungen der Energieaufwand für die Verflüssigung des Wasserstoff nicht sinnvoll ist.

Flüssigwasserstoff-Speicher besitzen eine Abdampfrate von unter 0,05% !!
Diese Tanks, konstruiert mit einer speziellen Beschichtung haben ihren Namen aus dem griechischem (kryos = kalt) erhalten und werden als Kryotanks oder Kryospeicher bezeichnet.
Die Verflüssigung bedarf einer Energie von 36 kJ/g um Wasserstoff auf eine Temperatur von -253°C herunterzukühlen, was ca. einem Drittel der gespeicherten Energie entspricht.
Die volumenspezifische Speicherdichte erreicht:
- 2,13 kWh/l
- 4,5 kWh/kg

Absorptionsspeicher

- Metallhydridspeicher

Metalllegierungen, welche Wasserstoff speichern wie ein Schwamm, kommen in dieser Speichertechnologie zum Einsatz. Diese Metalllegierungen adsorbieren Wasserstoff und es bilden sich Metallhydride.
Das Prinzip:
Wenn ein Metallhydrid mit Wasserstoff "gefüllt" wird, gibt dieser Metallhydrid Wärme ab.
Wenn der Wasserstoff genutzt werden soll, wird Wärme zugeführt.

Im Vergleich zu anderen Speichern sind Metallhydridspeicher schwerer.
Der Einsatz der Metallhydridspeicher ist somit eher stationär zu erwarten.

Auf Grund der hohen Materialkosten sind Metallhydridspeicher teuer.
Jedoch ergeben sich auf das Volumen bezogen sehr gute Speicherkapazitäten.
Ebensfalls für den Einsatz dieser Speicher spricht die lange Haltbarkeit und somit der Einsatz über einen langen Zeitraum.

Ein ganz deutlicher Vorteil der Metallhydridspeicher liegt im Punkt Sicherheit und ebenfalls im Punkt Gebrauch !!
- **Sicherheit:**
  - Die Speicher arbeiten bei Normaldruck.
  - Der Wasserstoff bleibt bei Beschädigung des Speicher gebunden, da der Wasserstoff durch Zuführung von Wärme freigesetzt wird.
- **Gebrauch:**
  - Die Speicher haben keine Abdampfverluste.
  - Die Speicher reinigen den Wasserstoff.

Aus diesen Gründen werden diese Metallhydridspeicher in U-Booten eingesetzt !!

In den 80er Jahren haben Daimler-Benz und Mannesmann die Forschung an der Speichertechnologie Metallhydridspeicher verstärkt.
Die volumetrische Speicherdichte erreicht:
- 1,5 kWh/l

Metallhydride entstehen aus Metallen wie zum Beispiel Palladium oder Magnesium oder auch aus intermetallischen Verbindungen wie zum Beispiel ZrMn2 und besitzen die Eigenschaft, den Wasserstoff wie ein "Schwamm" aufzunehmen.
Bei Standardbedingungen (Temperatur, Druck) ereignet sich die Reaktion nach der Gleichung:

$$Me + x/2H_2 <=> MeH_x \quad \text{(exotherm)}$$

- **Reaktionsphase 1: die sogenannte Alpha-Phase**
  In der ersten Reaktionsphase werden an der Metalloberfläche katalytisch gespaltene Wasserstoffmoleküle (Wasserstoff-Atome) als "Einlagerungs-Atome" oder "Zwischengitter-Atome" in das Metallgitter gelöst. Wird der Druck erhöht, so erhöht sich auch die Wasserstoff-Konzentration im Metallgitter beziehungsweise in der intermetallischen Bindung. Diese Phase endet mit der Sättigung.

- **Reaktionsphase 2: die sogenannte Beta-Phase**
  Es bildet sich Metallhydrid. Da diese Reaktion exotherm verläuft, muß die Reaktionswärme abgeführt werden, um einen Stillstand der Reaktion zu vermeiden.

Da der Phasenübergang von der Alpha-Phase in die Beta-Phase mit einer starken Änderung des ursprünglichen Metallgitters einher geht, zerfällt das Ausgangsmaterial in feines Pulver.

Zur Desorption des Wasserstoff wird die Reaktionswärme, welche bei der Beladung des Speicher agbeführt wurde, wieder zugeführt.
Die Reaktion verläuft nun andersherum. Es entstehen:
- die Ausgangsstoffe
- **ultrareiner Wasserstoff**

Für eine Anwendung in Kraftfahrzeugen kommt es auf eine schnelle Be- und Entladung an sowie auf eine geringe Desorptionstemperatur.
Problematisch ist bei einem Kraftfahrzeug die geringe massespezifische Speicherdichte, der Speicher wird verhältnismäßig schwer.
Es handelt sich hier um eine sehr sichere Speichertechnologie !!!

- Graphit Nanofasern / Carbon Nanotubes

Große Mengen Wasserstoff können in röhrenförmigen, mikroskopisch kleinen Graphit-Strukturen gespeichert werden. Der Graphit auf Kohlenstoffbasis verspricht die Speichertechnologie des Waserstoff zu revolutionieren.
Weltweit wird diese Speichertechnologie erforscht. Bereits nachgewiesen wurde, dass diese Speicher ein hohes Potential aufweisen.
Diese neue Speichertechnologie wird an der Northeastern University in Boston entwickelt. Mittels dieser Technologie wird Wasserstoff zwischen mehreren Lagen Graphitfaser eingelagert; diese Graphitfasern haben einen Querschnitt von 5 bis 10 Nanometer (nm) !!

Ein Wasserstofftank von 25 Litern und einem Gewicht von 87 Kilogramm soll eine Reichweite von 8000 Kilometern ermöglichen.
Nach Angaben der Northeastern University in Boston ergibt jedes Gramm Kohlenstoff des Tank ca. 30 Liter Wasserstoff.
Die Beladung des Grafit-Nanofaser-Wasserstoffspeicher hat eine Dauer von 4 bis 24 Stunden und ist mit dem heutigen Stand der Technik nur 4 bis 5 mal möglich !
Genau ist der Anlagerungsprozess des Wasserstoff noch nicht erforscht. Es wird angenommen, dass die sehr hohe Speicherdichte durch den hohen kristallinen Anteil zwischen den Kohlenstoffgitterebenen möglich ist, die Wasserstoff-Moleküle können sehr dicht gepackt angelagert werden.

3.1.7 Wasserstoff: Transport

Wasserstoff ist grundsätzlich mit allen unter Punkt 3.1.6 vorgestellten Speichern transportabel, mit entsprechender Ausführung beziehungsweise mit entsprechendem Speicher-Volumen.

- **Druckwasserstoff**
- **Flüssigwasserstoff**

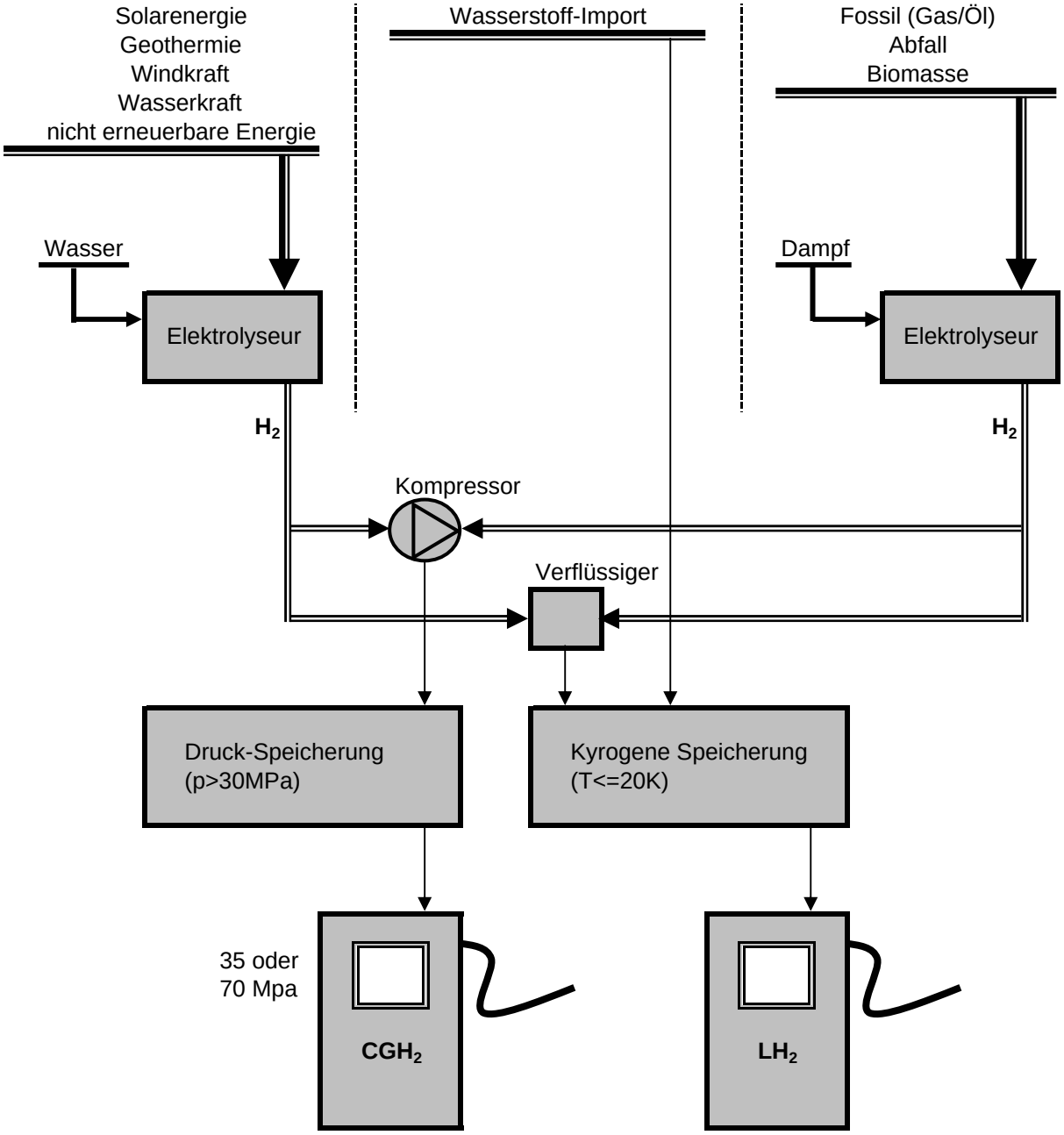
Druckwasserstoff

Die chemische Groß-Industrie betreibt seit Jahrzehnten ein Netz von Wasserstoff-Pipelines. Grundsätzlich lässt sich ein Wasserstoff-Versorgungsnetz aufbauen, welches dem heutigen Erdgas-Versorgungsnetz entspricht !
Auf diesem Weg kann eine Wasserstoff-Infrastruktur aufgebaut werden und ist somit eine mittelfristige potentielle Lösung zur Energie-Versorgungssicherheit !!
Dem Kunden wird Druckwasserstoff derzeit per LKW oder per Eisenbahn in mobilen Drucktanks geliefert.

Flüssigwasserstoff

Auch Flüssigwasserstoff kann über eine Pipeline transportiert werden, in den USA wird eine 40km lange Flüssigwasserstoff-Pipeline betrieben.
Dem Kunden wird Flüssigwasserstoff derzeit per LKW oder per Eisenbahn in mobilen Containern oder mobilen Trailern geliefert.
Für den interkontinentalen Transport des Flüssigwasserstoff wurden Container mit Standardmaßen entwickelt und können an jedem Container-Terminal umgeschlagen werden.
Darüber hinaus wurden Tankschiffe für Flüssigwasserstoff entwickelt, welche ähnlich den Flüssigerdgas-Tankern konstruiert wurden.
Derzeit werden neue Schiffskonzepte bereits im Detail für den Transport entworfen !

Der skizzierte Pfad einer Wasserstoff-Bereitstellung:



3.1.8 Zkizze einer Roadmap mit dem Fokus: Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland: der DWV

Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur für Deutschland:

- **Formulierung einer Wasserstoff-Strategie für Deutschland durch die Wirtschaft in Abstimmung mit der Bundesregierung (Nachhaltigkeitsstrategie sowie VES Verkehrswirtschaftliche Energie Strategie)**
- **Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen**
- **Zwischen den verschiedenen beteiligten Branchen abgestimmte Aktivitäten der deutschen Industrie im Rahmen der zu entwickelnden nationalen Wasserstoff-Strategie**

Die Roadmap liefert die grundlegenden Werkzeuge zur Erstellung einer Strategie:

- **Prinzipielle Anforderungen an die Wasserstoff-Infrastruktur**
- **Stand und mögliche Entwicklung der Technologie**
- **Ermittlung der Kosten und ökonomisch sinnvollen Analgengrößen**
- **Beschreibung der grundsätzlichen Phasen eines Wasserstoff-Infrastruktur-Aufbaus:**
  - Festlegung der Feinziele
  - Analyse der mindestens erforderlichen Zeiträume
  - etc.
- **Identifizierung von Abhängigkeiten verschiedener gesellschaftlicher Bereiche und Wirtschaftsbranchen:**
  - Politik
  - Industrien für eine Infrastruktur
  - Kraftfahrzeug-Industrie
  - Verbraucher
  - Finanzierung
  - etc.
- **Identifizierung von Abhängigkeiten verschiedener Komponenten und Subsysteme einer Wasserstoff-Infrastruktur:**
  - Erzeugung
  - Transport
  - Tankstelle
  - Fahrzeuge
  - Genehmigungsverfahren
  - etc.
- **Zusammenstellung möglicher unterstützender äußerer Faktoren:**
  - Klimaveränderung
  - Recourcenverfügbarkeit
  - Energieimportabhängigkeit
  - weltweite Motorisierung
  - Strategien der Länder
    - USA
    - Japan
    - EU
  - Technologieentwicklung
  - etc.

- **Was die Roadmap nicht leistet:**
  - Die Wasserstoff-Roadmap ist ein Baukasten zur Erstellung einer Einführung, nicht die Strategie selbst
  - Die Wasserstoff-Roadmap ist keine Abgabe einer Selbstverpflichtung der Beteiligten zur Erreichung der formulierten Umsetzungsziele
  - Neben Infrastruktur für mobile Anwendungen keine detaillierte Betrachtung von Infrastruktur-Systemen für portable und stationäre Wasserstoff-Nutzungssysteme (identifizierte Sysnergien werden dargestellt)
- **Abgrenzung der Wasserstoff-Roadmap gegenüber anderen Aktivitäten:**
  - Die Wasserstoff-Roadmap wird ein öffentlich zugängliches Dokument
  - Die Wasserstoff-Roadmap wird keine konkrete Implementierungsstrategie beinhalten, sondern die Entwicklung einer solchen durch Industrie und Politik initiieren und unterstützen
- **Abstimmung der Wasserstoff-Roadmap mit anderen Aktivitäten:**
  - Der DWV strebt Kooperationen mit anderen Vorhaben an:
    - VES
    - CEP
    - CUTE
    - etc.

    um Doppelarbeiten, Überschneidungen und Widersprüche zu vermeiden.
    Die Zusammenarbeit wird erleichtert durch die Tatsache, dass viele der Partner der genannten Aktivitäten DWV-Mitglieder sind.

Neben dem DWV widmen sich aktuell weitere Organisationen der Unterstützung bezüglich des Aufbaus und der Erweiterung einer Wasserstoff-Infrastruktur.
Weitere Organisationen öffnen sich der Wirtschaft.

An dieser Stelle einige Internet-Hinweise:

- **DWV Deutscher Wasserstoff und Brennstoffzellen Verband e.V.**
  http://www.dwv-info.de/
- **Deutsches Brennstoffzellenforum e.V.**
  http://www.kfa-juelich.de/DBF/
- **Europäisches Brennstoffzellen Forum**
  http://www.efcf.com/
- **Europäische Wasserstoff und Brennstoffzellen Technologie Plattform**
  https://www.hfpeurope.org/
- **Europäischer Wasserstoff Verband**
  http://www.h2euro.org/intro/intro_00.html
- **HyWeb - Gazette**
  http://www.hydrogen.org/indexd.html
- **Initiative Brennstoffzelle (IBZ)**
  http://www.initiative-brennstoffzelle.de/de/live/start/12.html
- **Kompetenz Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW**
  http://www.brennstoffzelle-nrw.de/

3.1.9 Wasserstofftankstellen in der Bundesrepublik Deutschland

Audi

- **Audi AG, Ingolstadt**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - Audi
  - **Kraftstoff:** - Druckwasserstoff (CGH_2)

BMW

- **BMW - FIZ, München**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - BMW
  - **Kraftstoff:** - Druckwasserstoff (CGH_2)
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

- **BMW - Test Center Aschheim, München**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - BMW
  - **Kraftstoff:** - Flüssigwasserstoff (LH_2)

DaimlerChrysler

- **DaimlerChrysler, Untertürkheim**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - DaimlerChrysler
  - **Kraftstoff:** - Druckwasserstoff (CGH_2)

- **DaimlerChrysler, Rastatt**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - DaimlerChrysler
  - **Kraftstoff:** - Druckwasserstoff (CGH_2)

- **DaimlerChrysler, Sindelfingen**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - DaimlerChrysler
  - **Kraftstoff:** - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 35 MPa
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 70 MPa

- **DaimlerChrysler, Kirchheim**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:** - DaimlerChrysler
  - **Kraftstoff:** - Druckwasserstoff (CGH_2)
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

Opel

- **Opel, Mainz**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Opel
  - **Kraftstoff:**
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

- **Opel Refueling Station, Dudenhofen**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Opel
    - Linde AG
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 70 MPa
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

VW

- **Volkswagen AG, Wolfsburg**
  - **Bestehend**, nicht öffentlich
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Volkswagen
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2)
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

CEP Clean Energy Partnership

- **Clean Energy Partnership Berlin**
  - **Bestehend** seit 2004
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Bundesregierung Deutschland
    - Vattenfall Europe
    - Norsk Hydro
    - GHW
    - BVG
    - Linde AG
    - BP / Aral
    - BMW
    - DaimlerChrysler
    - Ford
    - Opel
    - MAN
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 35 MPa
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

CUTE Clean Urban Transport for Europe

- **CUTE H2 Station Stuttgart**
  - **Bestehend**
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Stuttgarter Straßenbahn AG
    - SSB
    - Neckerwerke Stuttgart NWS
    - Switch
    - BP
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 35 MPa

- **CUTE H2 Station Hamburg**
  - **Bestehend** seit 2003
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Vattenfall Europe
    - Hamburger Hochbahn
    - BP
    - Norsk Hydro
    - Hofer
    - Brochier
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 35 MPa

W.E.I.T. Wasserstoff Energie im Island Transfer

- **Hamburg Van Demonstration Projekt (W.E.I.T.)**,
  - **In Planung**
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg e.V.
    - Vattenfall Europe
    - Mannesmann Demag Energy
    - Hermes Versand Service
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2)

WIV Wasserstoff-Initiative-Vorpommern

- **WIV Hydrogen Station, Barth (Mecklenburg-Vorpommern)**
  - **Bestehend** seit 2003
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Wasserstoff-Initiative-Vorpommern WIV
    - Proton Energy Systems
    - Wolters-Ostseebus GmbH
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 21 MPa

TOTAL

- **TOTAL Hydrogen Refueling Station, Berlin --- z.Z. Wechsel nach Spandau**
  - **Bestehend** seit 2002, wechsel nach Spandau Ende 2005
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - TOTAL
    - BVG
    - Linde
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 45 MPa
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

Flughafen-Projekt

- **Flughafen, München**
  - **Bestehend** seit 1999
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Flughafen München GmbH
    - MAN
    - MAN Technologie
    - Neoplan
    - Mannesmann-Demag
    - BMW
    - Aral
    - Linde
    - Grimm
    - Siemens
    - HDW
    - GHW
    - HEW
    - Isar-Amperwerke
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 35 MPa
    - Flüssigwasserstoff (LH_2)

Zero Regio Projekt

- **Zero Regio Projekt, Frankfurt**
  - **In Planung / Im Aufbau**
  - **Beteiligte Organisationen:**
    - Infraserv GmbH & Co.Hoechst KG
    - DaimlerChrysler
    - Centro Recerche Fiat Italy
    - Linde AG
    - Agip Deutschland GmbH
    - JRC
    - Ispra EC
    - Eni Technologie
    - Fraport AG
    - IEFE
    - Sapio
    - TÜV Hessen GmbH
    - Bocconi Universität in Italien
    - Lund Universität Schweden
    - Roskilde Universität in Dänemark
    - Mantovia (Italien)
    - Lombardia (Region in Italien)
  - **Kraftstoff:**
    - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 70 MPa

HyChain Projekt Minitrans

- **HyChain Projekt**
  - **Marl, Herten, Bottrop, Gladbeck (Reg. Emscher-Lippe/NRW, Deutschland)**
  - **Grenoble (Rhone-Alpes, Frankreich)**
  - **Modena (Emilia Romagna, Italien)**
  - **Soria (Castilla y Leon, Spanien)**
- **In Planung / Im Aufbau**
- **Projekt-Partner:**
  - Deutschland (Region Emscher-Lippe / NRW)
    - AIR LIQUIDE GERMANY
    - WI
    - ENKAT
    - MASTERFLEX
    - WIN Emscher-Lippe **Koordinator Deutschland**
  - Frankreich (Grenoble Alpes Métropole / Rhône-Alpes)
    - AIR LIQUIDE **Projekt-Koordinator**
    - AXANE **Koordinator Frankreich**
    - CEA
    - INERIS
    - INPG
    - PAXITECH
    - ASCOPARG
    - MEGA-AIXAM
  - Italien (Modena / Emilia Romagna)
    - AIR LIQUIDE ITALIA **Koordinator Italien**
    - ORAL
    - PIRELLI
    - DEMOCENTER
    - APRILIA
  - Spanien (Soria und León / Castilla y León)
    - AIR LIQUIDE SPAIN
    - BESEL **Administrator, Koordinator**
    - CIEMAT
    - CEU
    - DERBI
    - DOMENECH
    - IBERDROLA
    - RUCKER
- **Kraftstoff:**
  - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 70 MPa
  - Druckwasserstoff (CGH_2) verdichtet auf etwa 35 MPa

Presseberichte haben im Jahr 2005 die Aufmerksamkeit der Bevölkerung geweckt.

- **09.06.2005 Linde wächst - Reitzle setzt auf Wasserstoff**
- **25.05.2005 Wasserstoff Meile von München bis Italien geplant**

Die Kommentare dazu sind durchaus konträr:

- aus der Forschung: wenig hilfreich
- aus der Industrie: grundsätzlich interessant
- aus den H2-Regionen: Entwicklung nicht verpassen
- aus der Politik: endlich ein Signal der Wirtschaft

Linde wächst - Reitzle setzt auf Wasserstoff 09.06.2005

Der Mischkonzern Linde AG hat im vergangenen Jahr Umsatz und Gewinn gesteigert. Wie der Vorstandsvorsitzende der Linde AG, Prof. Dr. Wolfgang Reitzle, gestern auf der Hauptversammlung in München erklärte, sei Wasserstoff als der Energieträger der Zukunft ein Thema, das ihm besonders am Herzen liegt: „Wasserstoff ist langfristig die einzige echte Alternative zu den fossilen endlichen Ressourcen Erdöl und Erdgas."

Reitzle bezeichnete den Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft als technisch machbar, finanzierbar. So seien für den Aufbau einer sogenannten Wasserstoffautobahn in Deutschland nicht mehr als 30 Millionen Euro nötig. An diesem Autobahnring zwischen Berlin, Leipzig, München, Stuttgart und Köln könnten bei einer bestehenden Infrastruktur Tankstellen mit Wasserstoff-Zapfsäulen ausgestattet werden und somit flächendeckend eine Versorgung mit dem Treibstoff der Zukunft sicherstellen. Bei größeren Tankstellen mit hohem Umsatzvolumen ist sogar eine Produktion des Wasserstoffs direkt vor Ort möglich.

Europaweit wird der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur für den automobilen Verkehr in einer ersten Phase bis 2020 mit 3,5 Milliarden Euro beziffert. Linde wird das Thema Wasserstoff weiter offensiv vorantreiben und im Frühjahr 2006 in Unterschleißheim bei München ein Wasserstoff-kompetenzzentrum mit einer Wasserstofftankstelle eröffnen.

Wie der Vorstand weiterhin mitteilte, gehe es dem Unternehmen derzeit sehr gut.
Der Umsatz sei mit 9,4 Milliarden Euro um 4,8 Prozent gestiegen, das EBIT stieg um 80,5 Prozent von 287 auf 518 Millionen Euro. Auch das erste Quartal 2005 erfuhr eine leichte Steigerung, so wuchs der Umsatz gegenüber dem Vorjahresquartal um 0,6 Prozent von 2,11 auf 2,12 Milliarden Euro. (ar/ds)

Wasserstoff Meile von München bis Italien geplant 25.05.2005

Eine „Wasserstoff-Meile" von München über Bozen bis nach Mantua plant das Land Südtirol, zusammen mit Bayern, Tirol und dem Trentino. Mit dem Projekt, das zu Beginn auf Methangas, und erst mittelfristig auf Wasserstoff setzt, wollen die vier Länder sich auf die Zeit nach dem Erdöl vorbereiten...

Vorgestellt wurde das Projekt am Dienstag während einer Pressekonferenz in Bozen, im Vorwege der Weltausstellung für Erdgas- und Wasserstofffahrzeuge vom 9. bis zum 12. Juni. „Wir können uns das Erdöl nicht mehr leisten, zum einen, weil es teuer ist und zum anderen,

weil es nicht umweltfreundlich ist – deshalbmüssen wir nach Alternativen suchen“, sagte der Umwelt-Landesrat von Südtirol Michl Laimer. „Hier soll die Weltausstellung ansetzen: Sie will zeigen, welche alternativen Antriebstechnologien es bereits heute gibt, und wie die Zukunft aussehen wird – in anderen Worten: welche Fahrzeugmodelle mit Methangasbetrieb bereits auf dem Markt sind und was in Zukunft noch möglich ist.“

„Sowohl Ferdinand Willeit von der Brennerautobahn A22, als auch die Bayerische Landesregierung haben uns ihre Unterstützung zugesichert“, unterstrich Laimer. Da Wasserstoff noch nicht marktreif sei, werde man sich zuerst auf den Ausbau von Methangasstellen konzentrieren. „Mittelfristig möchte das Land Südtirol jedoch in die Produktion und die Verteilung von umwelt-freundlichem Wasserstoff einsteigen“, erklärte Laimer.

Bei der Weltausstellung in der Bozner Messe präsentieren über 80 nationale und internationale Unternehmen auf einer Fläche von 7000 Quadratmetern den neuesten Stand der Entwicklungen auf dem Sektor alternativer Antriebe. Neben der Weltausstellung für Erdgas- und Wasserstoff-fahrzeuge findet in Bozen auch der 11. Kongress der Europäischen Erdgasfahrzeug-vereinigung (ENGVA) statt. Dabei werden 400 hochrangige Experten aus 45 Ländern an der Jahresversammlung der ENGVA teilnehmen.

Die Südtiroler Landesregierung ist als Gastgeber und Hauptsponsor der Veranstaltung vertreten. *Vorgestellt wird u.a. ein eigenes Forschungsprojekt und ein Ausblick auf die Wasserstoff-Zukunft* in Südtirol als saubere und revolutionäre Antriebstechnologie.
Quelle: südtirol online

Oft bemängelt …

hat die Industrie, dass z.Z. Energieversorgungs-Anwendungen durch den Einsatz der Brennstoffzellen incl. der Wasserstoff-Technik an dem mangelhaften StartUp zum Ausbau der Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland scheitert.
H2-Regionen sollen nun durch deren StartUp die Bereitstellung ausreichender Wasserstoffmengen und langfristig den Weg in eine Wasserstoff-Versorgungssicherheit ebnen.
Beispiele:

- http://www.hh2wasserstoff.de/_ZopeId/95543529A2IyamdRO-4/CUTE/HH2
- http://www.igh2.de/index.php?startseite
- **H2Herten: die Internet-Präsenz ist z.Z. im Aufbau. Aktuell: Kontakt über die Wirtschaftsförderung der Stadt Herten: www.herten.de**

European Hydrogen Association (EHA) öffnet sich der Wirtschaft

Die European Hydrogen Association (EHA) hat in Brüssel beschlossen, ihre Aktivitäten auszudehnen und ein neues Programm für die kommenden Jahre in Angriff zu nehmen. Der Verband vertritt die Ansicht, dass Wasserstoff insbesondere mit Hilfe bedeutender Wirtschaftsunternehmen bei der Bewältigung wichtiger sozialer Probleme mitwirken und innovative Produkte hervorbringen kann...
http://www.h2euro.org/intro/intro_00.html

3.1.10 Wasserstoff: innovativer Energieträger

Die Steinzeit ging nicht zu Ende weil es keine Steine mehr gab und der Einstieg in die Wasserstoff-Industrie kommt nicht erst wenn es kein Öl mehr gibt.

Ein Vergleich in der Energiewirtschaft:
Durch einen Vergleich der Wasserstoff-Energiewirtschaft mit der heutigen Energiewirtschaft, welche auf fossilen Brennstoffen und auf der Kernenergie basiert, liegen die Vorteile klar auf der Seite der Wasserstoff-Energiewirtschaft !

- **Die Versorgung mit den Rohstoffen zur Energiegewinnung:**
  In "wenigen Jahren" sind die fossilen Brennstoffe aufgebraucht, die Uranvorräte reichen noch für eine Generation.
  - (Kapitel 10.1: Einführung in die Situation der Weltenergieversorgung)

  Solarenergie und Wasserkraft stehen unbegrenzt zur Verfügung. Die Windenergie, die Biomasse und das Klärgas erhalten zunehmend eine wichtige Rolle in der Energiegewinnung.
  Wasser sowie Wasserstoff sind auf der Erde für einen Energiegewinnungs- und Energieversorgungs-Prozess unerschöpflich vorhanden. Wasser ist "das Gold der Zukunft" !!
  Aus diesem Grund bilden die Energie-Versorgungs-Unternehmen strategisch arbeitende Allianzen mit den Wasser-Versorgungs-Unternehmen.
  - (Kapitel 10.1.1: Globale Energiewende)

- **Die Ergebnisse der Weltklima-Konferenz:**
  Die globale Erwärmung drängt zu konsequentem Umdenken und Handeln; dies wurde von der Politik, der Wirtschaft und der Forschung erkannt und wird in fest definierten Schritten umgesetzt.
  - (Kapitel 10.2: Energie-Forschung)
  - (Kapitel 10.3: Energie und Klima)

- **Die Speicherung und der Transport:**
  Zur Zeit sind die Speicherung und der Transport von Erdöl und Erdgas einfacher als die Speicherung und der Transport von Wasserstoff. Dieses Problem wird aktuell in den Forschungszentren gelöst und "schon bald" wird Wasserstoff als Energieträger wirtschaftlich sein. Als Kraftfahrzeug-Kraftstoff ist das Erdgas eine innovative und wirtschaftliche Zwischenlösung bis zur wirtschaftlichen Wasserstoff-Infrastruktur.
  - (Kapitel 10: Technologie und Energie)

- **Die Umstellung der Energieversorgung:**

  Bei der Umstellung der Energieversorgung zu einer Wasserstoff-Energiewirtschaft wird von einem Zeitraum von ca. 50 Jahren gesprochen. Als Erfahrungswert wird die Umstellung von Kohle auf Erdöl herangezogen.
  Man darf dabei aber nicht übersehen, dass wenn die Industrie von einer Umstellung spricht, von folgender Situation ausgegangen wird:
  - Versorgungssicherheit zu jedem Zeitpunkt an möglichst jedem Ort
  - Eine flächendeckende Infrastruktur:
    - dem Lieferant stehen ausreichend Vertriebsmöglichkeiten zur Verfügung
    - der Kunde kann an jedem Ort zwischen den Produkten wählen
  - Ein wirtschaftlicher Energiepreis

  Da die Basis einer Volkswirtschaft, wie wir sie in Deutschland haben, die Bereitstellung von Energie ist und somit die Frage nach der Versorgungssicherheit von aller größter Bedeutung ist, gilt es rechtzeitig die richtigen und wichtigen Technologien zu optimieren.
  Der wohl alles entscheidende Aspekt unserer Abhängigkeit von fossilen Energieträgern:
  Ab wann unter Berücksichtigung verschiedener Verbrauchsentwicklungen die Produktion der fossilen Energieträger den Bedarf nicht mehr decken kann.
  Wasserstoff ist weltweit als der Energieträger der Zukunft erkannt worden !!
  Eine zukunftsfähige Energieversorgung sowie Versorgungssicherheit baut darauf, dass frühzeitig neue Technik-Optionen marktreif und wirtschaftlich zur Verfügung stehen !!!

- **Das internationale Ziel:**

  Bereits jetzt ist deutlich zu erkennen, dass die Leitunternehmen der internationalen Energiewirtschaft bestrebt sind, sich frühzeitig einen Wettbewerbsvorteil in der Wasserstoff-Industrie zu sichern !!
  Wasserstoff als Energieträger ist bereits in das Bewußtsein der Bevölkerung gerückt.
  Führend in dem Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur sind aktuell Japan, die USA und Kanada; einige europäische Länder sind derzeit auf dem Weg, die regenerative Energieversorgung und die Wasserstoff-Infrastruktur auszubauen !

Die vornehme Zurückhaltung mancher regionaler Energieversorgungsunternehmen bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technik wird oft begründet mit:
- Es kann nicht Aufgabe eines EVU´s sein, einer neuen Technologie zur Entwicklung zu helfen.
- Es kann nicht Aufgabe eines EVU´s sein, eine neue Technologie in den Markt einzuführen.

Gleichwohl sind diese regionaler Energieversorgungsunternehmen interessiert an einer frühen Wettbewerbssicherung.

Seiteneinsteiger werden es am Markt sehr schwer haben, reine Anwender und Dienstleister sind gut beraten sich bereits jetzt einzubringen, um in dem aktuellen Übergang von der Projekt-Phase in die Flotten- bzw. Verbund-Phase eigene wichtige Erfahrungen zu sammeln.

Innovation: Der internationale Deutsche Wasserstoff Energietag
Landesinitiative Zukunftsenergien NRW

Das Programm rund um das Thema Wasserstoff:

11. Und 12.02.2004 **Der 8. Fachkongress Zukunftsenergien fand im Rahmen der Messe E-world energy & water statt.**

Deutlich wurde, wie intensiv global agierende Unternehmen den Weg von der Serienreife zur Serien-Produktion anstreben !!

- H_2NRW - Wasserstoff und das Energieland Deutschland
- Die IAHE - Nach einem Viertel-Jahrhundert - wohin des Weges
- Die Rolle der Energiewirtschaft bei der Einführung von Wasserstoff als Energieträger
- Trends und Möglichkeiten einer energetischen Nutzung von Wasserstoff
- Wassewrstoff und Brennstoffzellen - eine Zukunftsvision
- Aktuelle Entwicklungen zur Wasserstoffwirtschaft - Fakten und Strategien aus Sicht des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
- Die Brennstoffzelle und ihre Infrastrukturen - Wege in den Markt
- Ein Dach über dem Gebäude der Wasserstoff-Energiewirtschaft
- Vorträge:
  - A1 : Systemanalysen
  - A2 : Anwendungen 1
  - A3 : Anwendungen 2
  - B1 : H_2-Erzeugung
  - B2 : H_2-Erzeugung
  - C1 : Infrastruktur-Speicher
  - C2 : H_2-Bereitstellung
  - D : H_2-Sicherheit
  - E : Vermarktung
  - F : Reformer-Technologie
  - G : Kfz-Anwendung
- Das kanadische Wasserstoffprogramm und die Speicher-Aktivitäten des Wasserstoff-Forschungsinstituts
- Wasserstoff und Brennstoffzellen in Frankreich
- Aktivitäten in den USA zum Thema Wasserstoff-Energie
- Anwendung der geothermalen Energie bei der Wasserstoff-Produktion und -Lagerung
- Clean Energy Partnership
- Hy Society - Beginn der europäischen Wasserstoff-Gesellschaft
- Wasserstoff-Wirtschaft und Brennstoffzellen: Strategien
- Wasserstoff und Brennstoffzellen in europäischer und internationaler Kooperation
- Wasserstoff aus Sicht der Automobilindustrie
- Meilensteine in der Wasserstoff-Energiewirtschaft
- Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie in China

3.2 Erdgas

Erdgas verfügt über den höchsten Wasserstoffanteil der fossilen Energieträger und kann in aufbereiteter Form direkt als Brennstoff in Hoch-Temperatur-Brennstoffzellen eingesetzt werden !
Zum Betrieb von Brennstoffzellen wird das Erdgas auf absehbare Zeit der wichtigste Primärenergieträger. Der Methan-Gehalt (CH_4) beträgt ca. 90% .

Der maßgebliche Vorteil liegt in dem dichten, bereits bestehenden Gasnetz der Energie-Versorgungs-Unternehmen !

Etwa die Hälfte aller Haushalte ist heute am Gasnetz angeschlossen. Das bietet die optimale Voraussetzung für den Einsatz von Brennstoffzellen in Wohngebäuden, öffentlichen Einrichtungen, im Gewerbe und in der Industrie als Einzel-Anlage, im Verbund eines Lastmanagements oder als BHKW.

Das Erdgas wird zum Großteil importiert aus der GUS, aus den Niederlanden und aus Norwegen.

An der **Weltjahresproduktion von 2272 Mrd. m³** liegt der **deutsche Anteil bei etwa 20 Mrd. m³** !
Als die größten Förderunternehmen in der Bundesrepublik Deutschland sind zu nennen:
- BEB Erdgas
- Erdöl GmbH (je 50% Shell und Esso)
- Mobil Erdgas-Erdöl GmbH

Erdgas -- ein Energieträger als Übergang in die Wasserstoff-Industrie:

Die innovativen Energiequellen und Brennstoffe sind noch nicht so weit, dass sie die Weltwirtschaft von der Abhängigkeit vom Erdöl befreien kann.
Die Politik und die Energie-Wirtschaft setzen zunehmend auf die Zwischenlösung: Erdgas als Rohstoff und Energieträger.
Das Erdgas verbrennt sauberer als Mineralöl und die Erdgas-Reserven reichen länger !
(Siehe Kapitel 10.1: Einführung in die Situation der Weltenergieversorgung)

Die Industrie-Nationen decken ihren Bedarf aus den USA, Kanada, dem Golf von Mexiko, Europa, Russland und Nordafrika.
Abhilfe von der Abhängigkeit der Erdgas-Pipelines soll die LNG-Technologie (Liquefied Natural Gas) schaffen. Der Handel mit dem tiefgekühlten Gas wird per Schiff betrieben; neue Schiffe sind im Bau, neue Terminals entstehen, auch in Wilhelmshaven.

Inzwischen beginnt die Ölindustrie auch den Aufbau einer GTL-Infrastruktur (Gas-To-Liquides). Das Erdgas wir durch Verlängerung der Kohlenwasserstoffketten verflüssigt. Mit diesem Kraftstoff lassen sich herkömmliche Diesel-Motoren betreiben.

Die LNG- und GLT-Technologie kann das Erdöl nicht ersatzlos ersetzen, jedoch wird der Abschied vom Erdöl als Brennstoff eingeleitet.

3.3 Grubengas

Heute weiß man, dass das Grubengas neben dem FCKW einer der größten Ozon-Killer ist !!!

Treibhauseffekt und Klimaschutz:

Obwohl viele Detailfragen des sehr komplexen Systems Weltklima noch nicht befriedigend geklärt sind, lassen sich bestimmte Auswirkungen einer globalen Erwärmung schon heute erkennen ! Menschliche Einflüsse lassen sich auf das Klima zurückführen : Die **"Fieberkurve"** der Erde weist seit Mitte der sechziger Jahre eine sehr starke Tendenz nach oben auf und bestätigt damit die Aussagen der Wissenschaftler !
Die mittlere Jahrestemperatur ist in den letzten 100 Jahren bereits um etwa 0,5 °C gestiegen !
Das aktuelle Jahrzehnt ist seit dem Beginn exakter Messungen das wärmste, obwohl in dieser Zeit gegenläufige Effekte wirksam wurden ! ---> Zum Beispiel :

- der Staub aus dem Ausbruch des Vulkan Pinatubo, der Anfang der neunziger Jahre die Atmosphäre etwas abgekühlt hat.

Die vergangenen Jahre sind als die weltweit wärmsten in den letzten 100 Jahren in die Geschichte eingegangen !!!
Tiefgelegenen tropischen Küstenregionen droht zusätzliche Gefahr:
Die wärmeren Ozeane pumpen mehr Wasserdampf in die kreisenden Tiefdruckgebiete, so dass Wirbelstürme häufiger als früher und mit stärkerer Gewalt auf die Küsten zurasen.
Generell rechnen Klimatologen für die Zukunft mit einer **Zunahme extremer Wetterlagen** !!
Seien es :

- Dürren
- Wirbelstürme
- Stark-Regen

Nach der vermehrten Stillegung von Bergwerken ist das Interesse am Grubengas als mögliche zusätzliche Energie-Quelle ständig gewachsen.
Auch nach Beendigung des Bergbaus entweichen aus alten Bergwerken mehr als 120 Mio. Nm³ Gas pro Jahr ungenutzt in die Atmosphäre.
Der hieraus folgende Gasdruckabfall führt wiederum zur Freisetzung des adsorptiv gebundenen Gas. Dieser Effekt ist mit einer Sektflasche vergleichbar, bei der, ist einmal der Korken entfernt, die Kohlensäure solange perlt, bis keine mehr vorhanden ist.
Bundesweit werden in aktiven und stillgelegten Bergwerken 1,5 bis 1,7 Mrd. Nm³ Grubengas pro Jahr freigesetzt !!!

1999 wurde der **Interessenverband Grubengas IVG e.V.** gegründet.

Neue Erkenntnisse über das Grubengas werden zugänglich gemacht, um eine praxisorientierte Anwendung möglich zu machen.

Kompetente **Mitglieder im Interessenverband Grubengas sind** :

- ANGER
- ATEMIS
- Deutz Energie GmbH
- DMT
- DSK
- Fraunhofer UMSICHT
- G.A.S
- Jenbacher Energie
- Kuhse Powerful Systems
- LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik
- Minegas
- Minegas Power
- Pro2
- SILOXA
- Stadtwerke Dinslaken
- Stadtwerke Herne
- Umwelttechnik Bojahr
- Zeppelin Power Systems

Der Verband setzte sich dafür ein, dass die Stromerzeugung aus Grubengas in das Gesetz zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufgenommen wurde.

Ein weiteres Ziel des Verband ist eine Kostenoptimierung der Anlagentechnik und die Schaffung einer Arbeitsgrundlage für :

- Planung
- Begutachtung
- Genehmigung
- Ausführung
- Errichtung
- Betrieb

Der Methan-Gehalt (CH_4) des Grubengas beträgt ca. 70%.
Der Vergleich der in der Bundesrepublik klimarelevanten Emissionen macht deutlich, dass die Nutzung des Grubengas als Brennstoff nicht nur richtig, sondern auch wichtig ist;
und relevant in allen Planungen potenzieller neu projektierter Brennstoffzellen-BHKW´s sein sollte !

Bundesstatistik über klimarelevante Emissionen in der BRD pro Jahr:

-	Bergbau	568.359	[t/a]	CH_4
-	Nutztierhaltung	183.295	[t/a]	CH_4
-	Abfalldeponie	107.280	[t/a]	CH_4
-	Abwasserreinigung	22.300	[t/a]	CH_4

Es besteht ein starkes öffentliches Interesse an dem Thema Grubengas.
Es erfolgte die Aufnahme von Grubengas in das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).
Dadurch lassen sich ein Teil der Kosten für ein Brennstoffzellen-BHKW kompensieren.
Die Voraussetzung für eine umwelt- und ressourcenschonende Energieerzeugung ist somit geschaffen !

3.4 Methanol

Methanol **(CH_3OH)** ist ein einwertiger Alkohol, der dem Ethanol (Trinkalkohol) chemisch sehr ähnlich ist, allerdings physiologisch betrachtet ein deutlich stärkeres Gift darstellt.

Methanol ist eine farblose, brennend schmeckende, giftige, bei Einnahme durch den Menschen zur Erblindung oder zum Tod führende, leicht brennbare und sehr flüchtige Flüssigkeit.
Die Verbrennung geschieht mit blauer, fast unsichtbarer Flamme und in Verbindung mit der Luft entsteht ein explosionsfähiges Gemisch.
Die Explosionsgrenze liegt bei 6 bis 36,5 Volumen-Prozent.

Die Energie-Dichte dieses Brennstoff liegt etwa bei der Hälfte des Benzins.
Methanol ist bis zu einer Temperatur von 65 °C flüssig, kann also, ähnlich wie Benzin, in einfachen Tanks gelagert werden.

Der Grundstoff des Methanol (CH_3OH) ist Methan (CH_4).
Der industrielle Ausgangsstoff zur Herstellung des Methanol ist zu 70% das Erdgas.

Methanol ist auf Grund seines flüssigen Aggregat-Zustand und seiner sehr guten Lagerfähigkeit in Tanks ein idealer Brennstoff für mobile Brennstoffzellen !

Die Kosten der Methanol-Herstellung sind mit 0,02 Euro pro kWh vergleichbar mit den Kosten der Benzin- und Diesel-Herstellung !
Die Weltproduktion des Methanol liegt derzeit bei 35 Mio. [t/a] ; die Auslastung der Produktionskapazitäten liegt derzeit bei ca. 80%.
Die bereits zusätzlich bestehenden Weltproduktionskapazitäten von 12 Mio. [t/a] Methanol können als Brennstoff für 12 Mio. "mobile Brennstoffzellen" zum Einsatz kommen.

Die Methanol-Wirtschaft hat als Ausgangsprodukt die Biomassen und Klärmassen entdeckt.
Durch Vergasung, Vergährung entstehen Bio-, Synthese-Gase. Diese werden nach der Reinigung, Reformierung zu Methanol synthetisiert.

Methanol als Kraftstoff

Biodiesel wird durch Verestelung von Methanol mit Rapsöl gewonnen.
Methanol wird einerseits als Zusatz zu Vergaser-Kraftstoffen benutzt, um die Klopffestigkeit zu erhöhen, kann aber auch direkt als Kraftstoff genutzt werden.
Früher wurde Methanol auch als Raketen-Treibstoff verwendet.

Heute ist Methanol als chemischer Träger von Wasserstoff für Brennstoffzellen von wissenschaftlichem Interesse !

3.5 Biogas, Biomasse

Die Bio-Energie aus dem Faulsubstrat:
Biogas ist ein Energieträger mit bio-chemischer Bindungsenergie. Die Hauptkomponente ist Methan. Das Biogas entsteht durch den mikrobiellen Abbau organischer Substanzen, der **Biomasse**.
Die in den organischen Substanzen enthaltene bio-chemische Bindungsenergie hat ihren Ursprung in der Fähigkeit der Pflanzen, die **Licht-Energie** der Sonnenstrahlen in **bio-chemische Energie** umzuwandeln, der **Photosynthese**.
Somit ist die Nutzung des Biogas eine indirekte Nutzung der Sonnenenergie. In den Vergährungs-Anlagen wird unter **Anaerobtechnik** (abgeschlossen von der Umgebungsluft) die Energie zur Stromgewinnung genutzt.

Biogas als Brennstoff:
Biogas besteht zu 50 bis 70% aus Methan (CH_4), abhängig von den eingesetzten Biomassen.
In Verbindung mit **Gülle** (Stallmist) sind Biomassen besonders gut vergährbar ! Angesichts dieser Möglichkeit statten immer mehr Betreiber von Kläranlagen ihre Betriebe mit Biogasanlagen aus.
Am häufigsten werden Biogasanlagen in ländlichen Regionen errichtet.

Vereinfacht kann folgende Reaktions-Gleichung angegeben werden:

Biomasse
+ Gülle **Methan (CH_4) + Kohlenstoffdioxid (CO_2) + Faulschlamm**
+ anaerobe Bakterien / 40°C

Der durchschnittliche Heizwert von 1m³ Biogas (6.000 Kcal/m³ bzw. 25.000 KJ/m³) entspricht 0,6 Liter Heizöl !

Zusammensetzung:		**Eigenschaften:**	
- Methan (CH_4)	50 bis 70 %	- Dichte	1,2 kg/m³
- Kohlendioxid (CO_2)	20 bis 40 %	- Heizwert	4 bis 7,5 kWh/m³ (abhängig vom Methangehalt)
- Wasserdampf (H_2O)	0 bis 10 %		
- Stickstoff (N)	0 bis 5 %		
- Sauerstoff (O_2)	0 bis 2 %	- Zündtemperatur	700 °C
- Wasserstoff (H_2)	0 bis 1 %	- Zündkonzentration Gasgehalt	6 bis 12 %
- Ammoniak (NH_3)	0 bis 1 %		
- Schwefelwasserstoff(H_2S)	0 bis 1 %	- Geruch	auf Grund des Schwefelwasserstoff nach faulen Eiern

Das Biogas aus 1 t organischer Reststoffe und 3 t Gülle ersetzt 60 l Heizöl !

Gaserträge pro Tonne Material:

- Rindergülle	25 m³ Biogas
- Schweinegülle	36 m³ Biogas
- Molke	55 m³ Biogas
- Biertreber	75 m³ Biogas
- Grünabfall	110 m³ Biogas
- Bioabfall	120 m³ Biogas
- Speiseabfall	220 m³ Biogas
- Flotatfette (Schlachthof)	400 m³ Biogas
- Altfette (z.B. Fritierfett)	600 m³ Biogas

Die Anlagen werden im mesophilen Temperaturbereich (Vergährungstemperatur) in dem Fermenter (Gährbehälter) gefahren.

Biomasse ist genau betrachtet die wohl älteste Form der Energiegewinnung.
Die "Umwandlungsverfahren" sind durchaus konträr; das angestrebte Endprodukt zur Energieerzeugung bedarf differenzierter Umwandlung der Rohstoffe (Massen) in feste, flüssige oder auch gasförmige Produkte (Energieträger) !

- **das physikalische Umwandlungsverfahren: z.B.:**
  - aufbereitete Holzabfälle
    - geschreddertes Holz, Pellets, Brikets ...
  - gepreßte ölhaltige Saat
    - Biodiesel wird durch aufbereitetes Pflanzenöl gewonnen.

- **das thermo-chemische Umwandlungsverfahren: z.B.:**
  - Holzkohle
    - geköhltes Holz (der Beruf des "Köhler" ist vielen nicht mehr bekannt, Umwandlung durch große Hitze und unter Luftabschluß, damit das Holz nicht verbrennt.
  - Verfahren in der t**hermo-chemischen Umwandlung** :
    - **Vergasung:** Zuführung von Luftsauerstoff zur Biomasse: Synthesegas
    - **Pyrolyse:** befindet sich in der Entwicklung: Biomasse wird thermisch in feste, flüssige und gasförmige Stoffe zersetzt

- **das bio-chemische Umwandlungsverfahren: z.B.:**
  - Biogas
    - gewonnen durch Vegährung oder Verrottung, wie beschrieben.
  - Verfahren in der **Biochemischen Umwandlung** :
    - **aerobe Umwandlung:** eingesetzte Mikroorganismen (Bakterien) arbeiten mit dem Luftsauerstoff (Kompostierung)
    - **anaerobe Umwandlung:** Wasserdampfgesättigtes Mischgas, wie bereits beschrieben, mit hohem Methan-Gehalt, entsteht unter Sauerstoffabschluß (Fermentation)

Jedes Produkt hat seine vorteiligen Eigenschaften:
- Den größeren Energiegehalt haben Biogas und Biodiesel.
- Geschredderte Holzabfälle sind leicht produzierbar und gut lagerfähig.

Innovative Anlagen ermöglichen die Gewinnung wasserstoffreicher Gase !

2001 ist die Pilotanlage "Blue Tower" in Herten mit einer Kapazität von 1 MW $_{th}$ in Betrieb genommen worden.
Der "Blue Tower Herten", eine Anlage zur gestuften Reformierung von biogenen Reststoffen, vor allem Holz-, Grün- und Strauchschnitt, ist eine Entwicklung der Dr. Mühlen GmbH aus Herten. Diese Pilotanlage erzeugt ein wasserstoffreiches Gas, das sich z.B. zum Einsatz in BHKW´s eignet.
Dem erfolgreichen Probebetrieb dieser Pilotanlage folgte das Konzept "Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum-Herten" und bietet Projekt-Management für den Einsatz wasserstoffreicher Gase.

Auf dem Gelände (53 ha) der stillgelegten Zeche Ewald, dort verläuft auch die Wasserstoff-Pipeline der Degussa AG, siedeln sich Unternehmen der Brennstoffzellen-Technologie an:

- Komponentenentwicklung für Brennstoffzellen
- Verfahren zur Herstellung eines hoch reinen Brenngases
- Prüftechnologie für komplette Brennstoffzellen-Systeme
- Entwicklung einer Produktionstechnologie für die Serienfertigung von Mini-Brennstoffzellen
- H_2-Speicherung zur Bereitstellung von Spitzenstrom (Elektrolyseur)
- Errichtung einer Wasserstoff-Tankstelle (Hochdruckspeicherung von Wasserstoff)

Für 2006 ist der Bau eines "Blue Tower" mit einer Kapazität von 10 MW th geplant .

Biogas aus Biomassen ist eine bereits ausgereifte Technik, die gegenwertig immer weiter optimiert wird. Die Industrie hat die Produktion des Wasserstoff und hochwertiger Gase ausbiologischen Reststoffen und biologischen Abfallstoffen entdeckt !!!

Das formulierte Ziel der EU "Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger": Im Jahr 2010 soll der Anteil der regenerativen Primärenergien 12% betragen.
3/4 der Zuwachsrate der regenerativen Primärenergie soll die Biomasse beitragen.

Zur Zeit kann keine Aussage hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Brennstoffzellen mit integrierter Vergasung von Biomassen gemacht werden !
Die konventionellen Vergasungstechniken von Biomassen erfüllen nicht die nötige Reinheit der nötigen Brennstoffe zum Betrieb einer Brennstoffzelle. Es sind geeignete Verfahren der Gasreinigung nötig, da Biogas schwefelhaltig ist.

Die Dr. Mühlen GmbH in Herten beschäftigt sich als Technologiegeber mit der Optimierung der Biomassen-Vergasung zu einem wasserstoffreichen Produktgas; desweiteren wurden bereits die Anlagen-Potenziale für ein BTL-Programm mit der Automobil- und Mineralöl-Industrie erörtert.

Weitere Beispiele für eine innovative energetische Nutzung der Biomasse in Heiz- und Kraftwerken:

Anlage: - 400 kW

Biomasse-Heizwerk Rötz:

Das Biomasseheizwerk in Rötz (Bayern) heizt die Schule und versorgt das Städtische Hallenbad mit Warmwasser.
Betriebsbeginn der Biomasseanlage startete 1997, zum Einsatz kommen Holz-Hackschnitzel.
Der Biomasse-Kessel hat eine Leistung von 400 kW.
Der Einsatz dieser Anlage ersetzt jährlich 130.000 Liter Heizöl !

Anlage: - **20 MW**

Biomasse-Kraftwerk Delitzsch:

Das Biomassekraftwerk in Delitzsch (Sachsen) wird 2004 in Betrieb gehen, die Netzeinspeisung der elektrischen Energie erfolgt gemäß EEG.
Der Anlagenhersteller ist die ALSTOM Power Turbinen GmbH, die elektrische Energie wird mit 20 MW angegeben.
Die Komponenten der Anlagen sind:

- Dampferzeuger mit Rostfeuerung
  Rauchgasreinigungsanlage gemäß 17. BImSchV
- Kondensationsdampfturbine
  Luftkondensationsanlagen

Die Partner sind:

- TEAG Thüringen Energie AG
- Technische Werke Delitzsch GmbH

Anlage: - **20 $MW_{el.}$**
- **30 $MW_{th.}$**

Biomasse-Heizkraftwerk Zolling:
Folgeprojekte in Emden und Landesbergen:

Das Biomasseheizkraftwerk in Zolling (Bayern) wird von E.ON-Kraftwerke am Standort des Steinkohlekraftwerk Zolling errichtet und wird an das Fernwärmenetz angeschlossen, welches u.a. die Stadt Freising und den Flughafen München versorgt.
Die jährliche Energie-Umwandlung erfolgt durch 130.000 Tonnen Biomassen-Brennstoff, die jährliche CO_2-Vermeidung beträgt 120.000 Tonnen.

Die Anlagen-Leistung wird mit 20 MW elektrischer Energie und 30 MW thermischer Energie angegeben.
Biomassenheizkraftwerke mit ähnlicher Leistungskapazität entstehen in Emden und Landesbergen.

3.6 Klärgas

Die GEW Köln AG betreibt eine Brennstoffzellen-Anlage zur Strom- und Wärmeerzeugung auf dem Gelände des Klärwerkes Köln-Rodenkirchen.
Die Besonderheit dieses Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerkes ist der in Europa erstmalige Einsatz von Klärgas als Brennstoff.
Betrieben wird eine Phosphorsäure-Brennstoffzelle des Typ PC25C. Hersteller ist die amerikanische Firma ONSI Corporation.
Die jährliche Kohlendioxid-Reduktion beträgt bis zu 1000 Tonnen.

Mit Klärgas als Brennstoff können sowohl Hoch-Temperatur-Brennstoffzellen als auch Mittel-Temperatur-Brennstoffzellen betrieben werden.

Auf Grund des stetig zunehmenden Bedarf der Trinkwasser-Rückgewinnung (Wasser ist das Gold der Zukunft) ist die Gewinnung von Klärgas grundsätzlich ein alternativer erneuerbarer Energieträger !

Technische Werte: Klärgasreinigungsanlage der Firma Siloxa Engineering AG Deutschland:

- Gasvolumenstrom	85 bis 110	m³/h
- Gasdruck am Eintritt	< 200	mbar
- Elektr. Leistungsbedarf	3,5	kW
- Abscheidungen	- Schwefelwasserstoff	
	- Halogene	
	- Siloxane	
	- Feuchte	

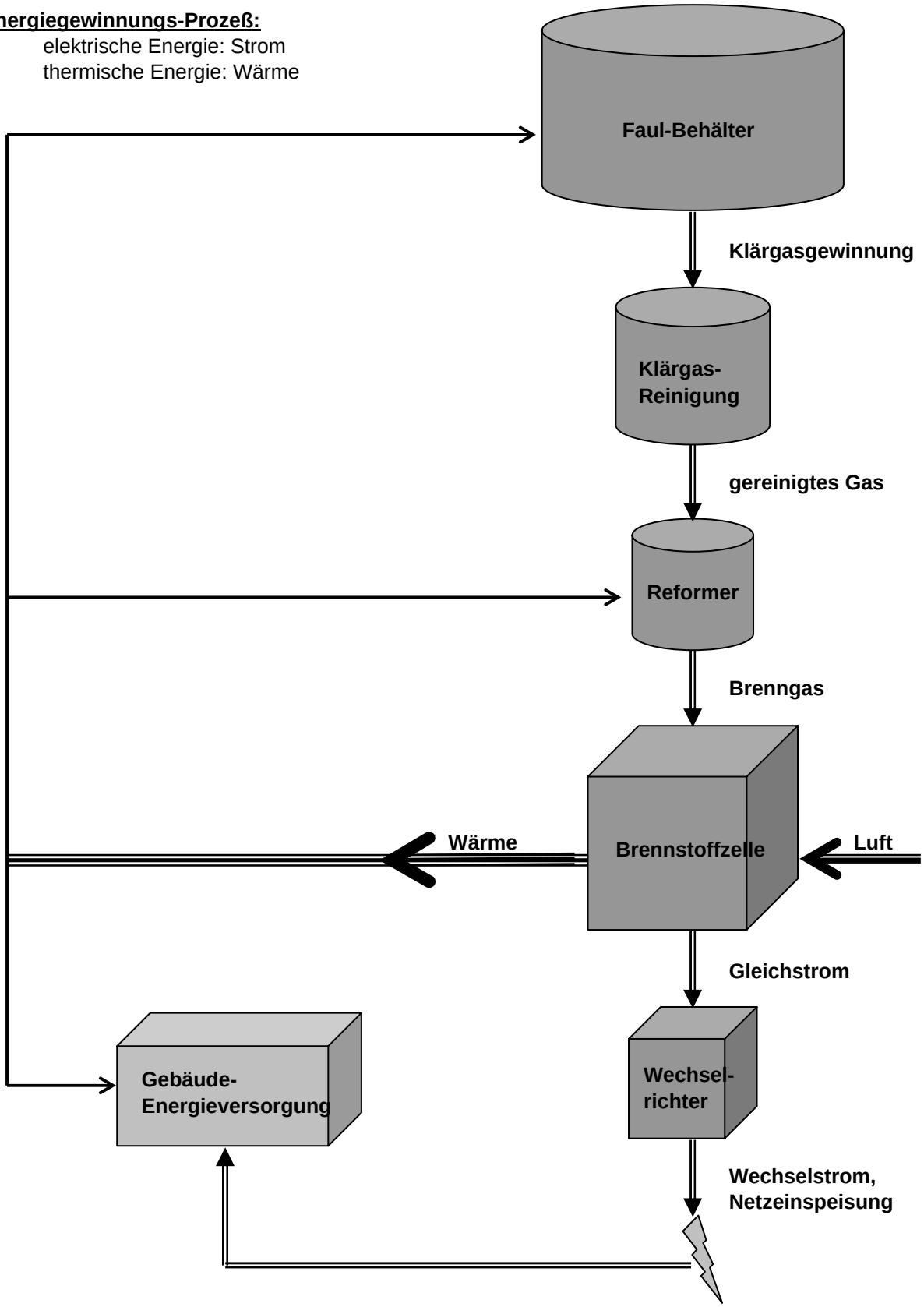
Technische Werte: Brennstoffzellen-Anlage, Hersteller: ONSI Corporation, USA

- Zellentyp		PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	
- Modell		PC 25 C	
- Primärenergie		Klärgas	
- Elektrische Leistung		200	kW
- Elektrischer Wirkungsgrad		40	%
- Thermische Leistung		205	kW
- Thermischer Wirkungsgrad		45	% (max.)
- Vorlauftemperatur		60	°C
- Rücklauftemperatur		40	°C
- Maße	- Länge	5,5	m
	- Breite	3,0	m
	- Höhe	3,0	m
- Gewicht		18	t

Neben der Brenngas-Gewinnung ergänzt die Feststoff-Gewinnung das Produkt-angebot der Klärwerke und stellt eine zukunftsweisende Entwicklung dar !!

Energiegewinnungskette am Beispiel einer Brennstoffzellen-Anlage mit Klärgas-Brennstoff-Einsatz:

Energiegewinnungs-Prozeß:
- elektrische Energie: Strom
- thermische Energie: Wärme



Eine MCFC-Brennstoffzelle ging am 12.12.2003 im Klärwerk Kohlfurth des Wupperverbandes in Betrieb !!

- **Betreiber:** Das Fraunhofer-Institut für Umwelt, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT
- **Förderer:** Das Umweltministerium des Landes NRW
- **Ziel:** Die effiziente Verstromung von Klärgas
- **Kooperation:**
  - Fraunhofer Institut UMSICHT
  - Umweltministerium des Landes NRW
  - Universität Duisburg-Essen
    - Institut für Abfallwirtschaft und Abfalltechnik
  - Wupperverband
- **Versuchsanlage:**
  - MCFC-Brennstoffzelle
    - Fa. Ansaldo
      - Leistung: 1 kW_{el}
- **Verfahren:**
  - Klärgasreinigung und Befeuchtung
    - Erhitzung auf 650°C
      - Umwandlung in Kohlendioxid und Wasserstoff
- **Wirtschaftlichkeit:**
  - hoher thermischer Wirkungsgrad
  - hoher elektrischer Wirkungsgrad
    - sehr hoher Gesamt-Wirkungsgrad
- **Erste Ergebnisse:**
  - Die Klärgasreinigung hat ein hohes technisches Niveau erreicht !!
  - Voraussichtlich werden bald viele Klärwerke das regenerative Energie-Potential mit Brennstoffzellen optimal einsetzen !!

3.7 Weitere fossile Ausgangsstoffe und Nebenprodukte

Die Wasserstoffgestehungskosten auf Basis von Erdöl, als auch Kohle liegen 20 bis 25 % über den Herstellungskosten auf Basis von Erdgas.

Partialoxidatoren werden unter anderen von der Krupp Uhde GmbH in Dortmund hergestellt. Know-How über Brennstoff-Technologien verfügt unter anderen die DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH in Essen.

3.8 Methanhydrat

Als Ersatz für die mittelfristig zu Ende gehenden Erdgasvorräte wird in den letzten Jahren immer wieder Methanhydrat genannt.
Es handelt sich hier um ein Methan-Wasser-Gemisch, welches am Meeresboden und in Permafrostgebieten lagert.
Dieses Gemisch besitzt einen festen, eisähnlichen Aggregatzustand bei tiefen Temperaturen und hohem Druck und löst sich wieder in Methan und Wasser auf, sobald sich die Temperatur- oder Druckverhältnisse ändern; eine Förderung ist auf Grund dieser physikalischen Eigenschaft sehr schwierig.
Die Methanhydrat-Schichten sind nicht dick und über sehr große Flächen verteilt.

Methan ist in der Atmosphäre ein weitaus schädlicheres Klimagas als Kohlendioxid !!
Auf Grund der großflächigen Verbreitung des Methanhydrat müsste der Meeresboden unter einem sehr großen Energieaufwand praktisch umgegraben werden.
Zusätzlich wäre ein solches Vorhaben auch sehr riskant, da kein Methan in die Atmosphäre entweichen darf.

Das Methanhydrat stabilisiert an vielen Stellen den Meeresboden !!
Vorwiegend besteht der Meeresboden aus weichen Sandschichten.
Dort, wo der Meeresboden von tiefen Gräben durchzogen ist, stabilisiert das Methanhydrat großflächig die Bodenstrukturen. Ein Abbau des Methanhydrat birgt daher unkalkulierbare Folgen !!
Geologen warnen vor unterseeischen Erdrutschen und vor der Entstehung enormer Flutwellen !!

Die Ressourcenabschätzung beruht ausschließlich auf nicht fundierter Interpretationen von seismischen Signalen ; die vermuteten Hydratschicht-Stärken sind Annahmen.

Es ist fraglich, ob jemals ein wirtschaftlich abbaubares Feld gefunden wird.
In den vergangenen 20 Jahren der Forschung wurde noch kein wirtschaftlich abbaubares Methanhydratfeld gefunden. Die bislang größte Probe hat eine Hydratschicht nachgewiesen, welche gerade einmal eine Hydratdicke von 1 Meter betrug; dies war der bislang ergiebigste Fund nach über 2000 Probebohrungen.

Methanhydrat ist wirtschaftlich somit nicht als Energiereserve verfügbar !!
Auch in Zukunft, unter Berücksichtigung des technischen Fortschritt, wird Methanhydrat wirtschaft wohl nicht als Energieträger zur Verfügung stehen !

4 Kompetenzen und Marktpotentiale

Die wichtigste Energieumwandlungs-Technologie der Zukunft wird die Brennstoffzellen-Technologie sein !!
Die Prognosen aus 2003 für die Markteinführung durch e-on und EnBW im Jahr 2006, Start der Serienproduktionen beginnt bei einem Marktvolumen von 10 bis 25 Mrd. Euro für die stationäre Anwendung.
Die Prognosen für die Markteinführung der "mobilen Brennstoffzellen" versprechen ein sehr viel höheres Marktvolumen !

Dass Energie-Versorgungs-Unternehmen sich mit Innovations-Zentren und zukunftsweisenden Produktionsbetrieben zu konkurierenden, strategisch arbeitenden Allianzen zusammenschließen, beweist die Wichtigkeit und die zukünftige Bedeutung der Brennstoffzelle als weltweite Energiequelle !!!

Hier werden keine neuen Märkte erschlossen, hier sind in erster Linie Erweiterungs-Potenziale für die Industrie von außerordentlichem Interesse; wie z.B. für die:
- Chemie
- Anlagenbauer
- Elektrotechnik
- Automobil-Industrie
- Energie-Versorgungs-Unternehmen

Die Brennstoffzellen-Fertigung ging im Mai 2000 in Nordrhein-Westfalen an den Start !!!
Die weltweit erste Serienfertigung für Brennstoffzellen ist in Köln in Betrieb gegangen.
Die amerikanisch-britische Unternehmensgruppe Ze Tec Power strebt im ersten Betriebsjahr ihres Werkes in Köln ein Produktionsvolumen von 5 MegaWatt elektrischer Leistung an.
Zielsetzung war am Standort Köln bis Ende des Jahres 2000 die Neuschaffung von 70 Arbeitsplätzen. Bis Ende des Jahres 2003 soll die Neuschaffung von 500 Arbeitsplätzen erreicht werden.
Nach einer Produktionsspanne von 5 Jahren hat sich Ze Tec Power ein Produktions-Volumen von 500 MegaWatt pro Jahr zum Ziel gesetzt.
Damit sollen die Produktionskosten für die Brennstoffzelle auf 14 Pfennig pro kWh fallen. Somit wird das Kosten-Niveau für die Brennstoffzelle dem Kosten-Niveau herkömmlicher Kraftwerke gleich.

Der erste Brennstoffzellen-Bus fuhr bereits 2000 im Flottenbetrieb zur EXPO in Berlin !
Dieser Bus war der erste Brennstoffzellen-Bus für den täglichen Einsatz im öffentlichen Personen-Nahverkehr und hatte pünktlich zur Eröffnung der Expo in Berlin eine Vorreiterrolle eingenommen. Angetrieben wird dieser Bus mit flüssigem Wasserstoff, womit durch den Einsatz dieser Technologie die "Null-Emission" verbunden ist !
Innovative Maßstäbe für umweltfreundlichen Nahverkehr wurden somit gesetzt !!
Die Auswirkungen unterschiedlicher klimatischer Veränderungen und unterschiedlicher Geländeeinflüsse auf den Bus und die Technologien werden durch den weiteren Einsatz des Bus in Kopenhagen und in Lissabon getestet.
Hersteller dieses Bus ist MAN in München.
Der 700 Liter-Tank auf dem Dach des Bus wird in einem Zeitraum von weniger als 10 Minuten komplett gefüllt. Mit der Leistung von 150 kW verfügt der Bus über einen Aktionsradius von 400 km und wird alle zwei Tage neu betankt.

Am Flughafen München wurde 1999 die erste öffentliche Tankstelle für gasförmigen und flüssigen Wasserstoff eröffnet.
Der gasförmige Wasserstoff wird vor Ort erzeugt. Erprobt werden erstmals die kombinierte Herstellung, Speicherung und vollautomatische Betankung von gasförmigem Wasserstoff. Betankt werden können Pkw´s und Busse für den Fluggasttransport. **Es wurden die Alltagstauglichkeit und Wirtschaftlichkeit des Wasserstoff als Energieträger nachgewiesen.** Hier ist ein Meilenstein für die Zukunftstechnologie mit dem Wasserstoff gesetzt worden, durch einen neu entwickelten Druck-Elektrolyseur.
Das Wasserstoff-Projekt wird sicherheitstechnisch vom TÜV begleitet und wurde realisiert von:

- Aral
- BMW
- FMG
- GHW/HEW
- Grimm
- HDW
- HEW
- IAW
- LINDE
- MAN-Nutzfahrzeuge
- MAN-Technologie
- MANNESMANN
- NEOPLAN
- Siemens

Diese Arbeitsgemeinschaft macht die industrielle Komplexität der Wasserstoff-Technologie sowie der Brennstoff-Technologie deutlich !!!

Ein boomendes Geschäfts-Feld durch die Einführung der Brennstoffzellen-Technologie wird die "industrienahe Dienstleistung" sein !!!

Die Brennstoffzellen-Technologie und ihre Anwendungen stehen nachweislich direkt vor dem Start !!!

4.1 Kompetenzverbünde: Branchen, Firmen und Institute

Fokus: die Kompetenzentwicklung

Dieser Report wird jährlich aktualisiert !
Daher werden die Listungen alphabetisch gegliedert in:

- **Liste 1**
  Liste der **wichtigsten** Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie **seit Jahren bekannt innovativ und kooperativ** beschäftigen

  - Hier sind die Leitunternehmen und Institute gelistet, welche frühzeitig innovativ strategisch arbeitende Allianzen eingegangen sind.
    Das Ziel war und ist die Schaffung und Sicherung des Wettbewerbvorteil.

- **Liste 2**
  Liste der **aktuellen** Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie **aktuell in Europa** beschäftigen

  - Die ausführliche Listung macht eines bereits heute sehr deutlich:
    Die Durchdringung verschiedenster Märkte durch die Brennstoffzelle zieht eine tiefgreifende Veränderung angestammter Produktionsprozesse sowie starke Verschiebungen etablierter Industriestrukturen nach sich !!

- **Liste 3**
  Liste der **wichtigsten** Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie **aktuell in Japan** beschäftigen

  - Hier sind die Leitunternehmen gelistet, da eine ausführliche Liste den Rahmen sprengen würde !!

- **Liste 4**
  Liste der **wichtigsten** Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie **aktuell in Nordamerika** beschäftigen

  - Hier sind die Leitunternehmen gelistet, da eine ausführliche Liste den Rahmen sprengen würde !!

Liste 1 :

Liste der wichtigsten Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie seit Jahren bekannt innovativ und kooperativ beschäftigen:

Allied Signal: PEFC und SOFC
Alstom GmbH: Brennstoffzellen-Entwicklung
American Methanol: Brennstoffzellen für die mobile Anwendung
Ametec: Gebläse für Brennstoffzellen-Fahrzeuge
Aral: Wasserstoff-Tankstelle

Ballard Power Systems: PEFC: stationär und mobil
BIS Brennstoffzellen-Informations-System: Vertrieb
BMW: Brennstoffzellen-Einsatz im Kfz
BOC Gase GmbH: Wasserstoff
"brennstoffzellenautos.com": Vertrieb

California Fuel Cell Partnership: Demonstration und Kommerzialisierung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen
Ceramic Fuel Cells Ltd: SOFC: Komponentenentwicklung

DAIS Corporation: PEFC: Komponenten
Daimler Benz: PEFC: Automobile
Daimler-Chrysler: SOFC
Degussa AG: Wasserstoff
Deutscher Wasserstoff Verband (DWV): Verein: allg. Tätigkeiten
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR): Aktivitäten
"diebrennstoffzelle.de": Funktion und Anwendungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen
D.M.2 Verwertungstechnologie: Wasserstoffreiche Gase aus Biomassen
DMT Deutsche Montan Technologie: Wasserstoff
Dr. Mühlen GmbH: Wasserstoff

EBZ Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft Brennstoffzelle mbH: Entwicklung eines Klein-BHKW´s mit Leistungsbereichen von 1 bis 20 kW auf Basis einer SOFC
ef.Ruhr Forschungs GmbH
ELE Emscher Lippe Energie GmbH: NRW Feldtest:Brennstoffzellen-Heizgeräte
Electric Power Research Institute: Aktivitäten: alle Systeme
Electro Chem: PEFC: Komponentenhersteller
Electro Chem Technic: PEFC: Komponentenhersteller
Element 1 Power Systems: PEMFC und KOH Elektrolyser
Energie Agentur NRW
E.ON Engineering: Brennstoffzellen-Projektierung; Industrie-Allianzen
ERC: (USA): MCFC
Energy Efficiency / Renewable Energy Network: (USA): Vertrieb
Energy Research Corp.: MCFC: Anlagenbau
ENKAT Gesellschaft für Energiesysteme und Kathalyse mbH
EUS Gesellschaft für innovative Energieumwandlung und -speicherung mbH
EWE AG: Brennstoffzellen-Projekte: Anwender und Betreiber

Arno A. Evers´ **FAIR-PR:** Veranstaltungen und Messen im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle
Federal Energy Technology Center: Hompage des US Department of Energy
Federal Technology Alerts: PAFC und Vertrieb
FLABEG Solar International GmbH: ("solare Wasserstoffgewinnung")
Forschungszentrum Jülich: Brennstoffzellen-Projekte, Bildungsmaßnahmen für alle Berufsgruppen
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE: Micro-Brennstoffzelle
Fraunhofer Institut UMSICHT: Brennstoffzellen-BHKW: Betreiber
Freesen & Partner GmbH: Veranstalter von Messen und Konferenzen und der weltweit größten Fachmesse für Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie
Ford Motor Company: Produktion von PEFC-Fahrzeugen: Prototyp P2000
Fuel Cells 2000: Verein: allgemeine Firmentätigkeiten
"Fuel-Cell.com": deutsche und englische Informationen zur Brennstoffzelle
Fuel Cell Today: Vertrieb
Fuelcon AG: Anbieter von Test- und Prüfstand-Technik für Brennstoffzellen-Systeme und Brennstoffzellen-Komponenten (Stacks, Einzelzellen, Reformer, Fuelprocessing)
Fuji Electrics: Japan: PAFC und Anlagenbau

Gas Research Institute: Firmenaktivitäten, ausgerichtet auf Erdgas
"Gridwatch.com-Global Power Directory: Verzeichnis aller wesentlichen Akteure in Bezug auf Wasserstoff und Brennstoffzellen
GE MicroGen: Vertrieb von PEFC-Microanlagen in den USA (Kooperation von Plug Power und GE)

Hamburger Gas Consult: Vertrieb von Micro-Brennstoffzellen (5 kW el PEFC-Einheiten von American Fuel Cell Corp.) und von (200 kW el BHKW-Einheiten: PAFC von ONSI)
Hitachi: PAFC und Anlagenbau
HEW: Anwender: Brennstoffzelen-Projekte
Honda: PEFC für Automobile
H Power Corporation: Entwicklung und Vertrieb von Brennstoffzellen
Hydrogenics Canada: Kanada: Brennstoffzellen-Bau
Hydrogenics Europe Group: Brennstoffzellen-Entwicklung
Hydrogen & Fuel Cell Letter: Fachzeitung
Hydrogen Infonet: Wasserstoff: Vertrieb
Hydrogeit: Consult
HyWeb: das Wasserstoff und Brennstoffzellen Informationssystem: Vertrieb

H2Herten: Industriekompetenz: Brennstoffzellen, Wasserstoff, Biomassen
H2trend: Meinungsumfrage und Marktforschung für Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie
H2report: kostenloser monatlicher Newsletter (deutsch/englisch) mit Marktnachrichten und Veranstaltungshinweisen

IdaTech: USA: DMFC
IHI: Japan: MCFC
IHR Industrietechnik Höbing + Reil GmbH: MCFC
Initiative Brennstoffzelle (IBZ)
Institut für chemische Verfahrenstechnik: Uni Stuttgart: Membranentwicklung für Brennstoffzellen, besonders für PEMFC und DMFC
International Fuel Cells: USA: Brennstoffzellen: große Produkt-Palette
IsaTech: USA: Brennstoffzellenheizgerät

Kansai Electric: Anwender
Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle NRW
Krupp Uhde GmbH Deutschland: Dampfreformer und Partialoxidatoren
KWH-Katalysatorenwerke Hüls: Gas-Katalysatoren

Landesinitiative Zukunftsenergien NRW
Linde AG Deutschland: Wasserstoff
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH: Wasserstoff

MAN: Brennstoffzellen-Busse und -Nutzfahrzeuge
Mannesmann: Brennstoffzellen--Nutzfahrzeuge
Masterflex: Klein-Brennstoffzellen: für die Elektronik (Laptop, Handy etc.) und für elektrische Geräte (Rasenmäher etc.); für den Antrieb (Fahrrad etc.) und Nischenspaten.
MC-Power: MCFC und Anlagenbau
Mechanical Technology: Maschinenbau
Mercedes-Benz Brennstoffzelle: Brennstoffzellen für die Fahrzeuge
Minegas GmbH: Brennstoff
Mitsubishi Electric: PAFC und Anlagenbau
MTU: Brennstoffzellen-BHKW´s
Münchner H & C Engineering GmbH:
MVV GmbH: Brennstoffzellen-Projekte: Anwender und Betreiber

National Renewable Energy Laboratory: Vertrieb
NEOPLAN: Brennstoffzellen-Busse

Oak Ridge National Laboratory: Laboratorium: Brennstoffzellen-Forschung
Office of Industrial Technologies: Vertrieb von industrierelevanten Technologien
Office of Power Technologies: Vertrieb von vorwiegend erneuerbaren Energie-Technologien
Office of Transportation Technologies: Vertrieb (Teil des US-Department of Energy)
ONSI Corporation: USA: PAFC und Anlagenbau
Opel: Brennstoffzellen-Einsatz im Kfz
Osaka Gas: Anwender
Oxeno GmbH: Wasserstoff

Plug Power LLC: PEFC und Anlagenbau von Kleinanlagen für die Gebäudeversorgung

Ruhrgas: Brennstoffe
RWE Fuel Cells GmbH: Brennstoffzellen-Projektierung; Industrie-Allianzen

Sacramento Municipal Utility District: Anwender
Samsung: Korea: Brennstoffzellen-Entwicklung und Anlagenbau: große Produkt-Palette
Sanyo: Japan: Brennstoffzellen-Entwicklung und Anlagenbau: große Produkt-Palette
Schatz Energy Research Center: PEFC
Siemens Westinghouse: USA: SOFC
Siloxa Engineering AG Deutschland: Gasreinigungsanlagenbau
South Coast Air Quality Management District: USA: Gaswarn- und Prozessüberwachungsanlagen: Vertrieb
Sulzer Hexis AG: Schweiz: SOFC und Anlagenbau für Einzelhaushalte
Süd-Chemie: Katalysatoren, Entschwefelung, Reformer, CO Shift, Selox, Katalytische Brenner

Teledyne Energy Systems: Anbieter
Tokyo Electric Power: Anwender
Tokyo Gas: Anwender
Toshiba: PAFC und Anlagenbau
Toyota: PEFC für die Automobile
TU München: Uni: Firmen-Aktivitäten

Vaillant GmbH: PEFC-Entwicklung für Haushalte
Verbundnetz Gas AG (VNG): Brennstoff

Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V.: Weiterbildung, Ausbildung, Qualifikation: Gemeinnütziger Verein
World Fuel Cell Council: allgemeine Firmen-Aktivitäten: Verein

XCELLSIS: Company: Deutschland: Brennstoffzellen-Maschinen

Zentrum für Brennstofftechnik GmbH (ZBT)
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung:
- PEMFC und DMFC: Firmen-Aktivitäten
- PEMFC im Bereich 5 bis 15 kW: Anbieter
- PEMFC-Teststände: Anbieter

Ze Tec Power: USA, England u. BRD: Brennstoffzellen

Liste 2 :

Liste der aktuellen Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie aktuell in Europa beschäftigen:

3M Deutschland GmbH	Hersteller	Fuel	H2
3P- Energy GmbH	Hersteller	BZ	DM
Aaman Engeneering Ltd.	Berater	BZ	PEM
ABB New Ventures GmbH	Berater	BZ	PEM
AccaGen SA	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Accentus Plc	Forschung	Fuel	Reformer
Adam Opel AG	Automobile	BZ	PEM
Adelan	Hersteller	BZ	SO
Advanced Ceramics Ltd.	Komponenten-Lieferant	BZ	SO
Advanced Elastomer Systems NV/SA	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
AEA Technology	Berater	BZ	Technologie
AEE	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
AEG SVS Power Supply Systems GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Aegean University	Forschung	BZ	PEM
AES Alternative Energie Systeme GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
AGEF Arbeitsgem. Elektrochem. Forschungsinstitutionen	Forschung	Fuel	Technologie
Agency for Rational Energy Use and Ecology	Integration	BZ	MC, SO
AGR	Anwendung	Fuel	Technologie
Air Fertigung-Technologie GmbH	Hersteller	Fuel	Technologie
Air Liquide	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Air Products GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Airbus Deutschland GmbH	Forschung, Lagerung	BZ	Technologie
Aixon Elektrotechnik GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Ajusa	Hersteller	BZ	PEM
AKG GmbH & Co.KG	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Allied Resource (USA)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Katalysatoren
Alphea	Forschung	Fuel	H2
Alpps Fuel Cell Systems	Hersteller	BZ	PEM, SO
Alstom	Hersteller	BZ	PEM, SO
Alstom Ballard GmbH	Hersteller	BZ	PEM
Alstom Energietechnik GmbH	Anwendung	BZ	Technologie
Alternative Fuel Systems Ltd.	Hersteller	BZ	A
AMETEK P.I.E. GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Amrite Ltd.	Risiko-Finanzierung	EE	x
Analytical Systems GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Andreas Hofer Hochdrucktechnik GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Ansaldo Fuel Cells SpA (AFCo)	Hersteller	BZ	MC
APPICE Spanish Fuel Cell Association	Forschung	BZ	Technologie
Aprilia	Integration	BZ	PEM
Aqua-Wasseraufbereiter	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
AQWON-Motors	Hersteller	Fuel	H2
ARAL (BP)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Arcotronics Fuel Cells sri	Hersteller	BZ	PEM
AREVA	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2

AREVA T&D Technology Centre	Forschung	BZ	SO
Arge PurePower St. Moritz	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
ARIEMA	Forschung	H2, BZ	H2, BZ-Systeme
Aries Ingenieria y Sistemas - Power	Generalvertreter	BZ	PEM
Asia Pacific Fuel Cell Technologies	Hersteller	BZ	Technologie
Association for Emissions Control by Catalyst	Umwelt	Fuel	Katalysatoren
atech innovations GmbH	Innovation	BZ	Technologie
ATMI GmbH	Material-Lieferant	BZ	PEM
ATMI GmbH Sensoric Division	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Atmosphaere GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
August Brötje GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Austria Energy Agency (EVA)	Umwelt	Fuel	H2
Autopolis	Berater	BZ	Technologie
AvK Deutschland GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
AVL List GmbH	Hersteller	BZ	PEM
AVS Aggregatebau GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Axane Fuel Cell Systems	Hersteller	BZ	PEM
Axiva GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Axpo Holding GmbH	Anwendung	BZ	SO, BZ-Systeme
Babcock Borsig AG	Hersteller	BZ	Technologie
Balcke-Dürr GmbH (Borsig)	Innovation	BZ	Technologie
Balcke-Dürr GmbH (Borsig)	Innovation	Fuel	Reformer
Ball Aerospace & Technologies Corp.	Hersteller	BZ	Technologie
Ballard Power Systems	Hersteller	BZ	PEM
Ballast Nedam IPM	Hersteller	Fuel	Gas-Tankstellen
BASF AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
BASF Future Business GmbH	Innovation	BZ	SO
BASI Schöberl GmbH & Co.KG	Hersteller	Fuel	H2
Bauer Kompressoren GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Kompessor
Baxi Group	Hersteller	BZ	PEM
Baxter Engineering Limited	Generalvertreter	BZ	PEM, SO
BCS Technology	Hersteller	BZ	Technologie
Beacon Energy	Feldtest	BZ	PEM
BEB Erdgas und Erdöl GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Becker Technologies GmbH	Forschung	BZ	PA, PEM
Bee Power Systems	Hersteller	BZ	DM
Bee Power Systems BV	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Berliner Verkehrsbetriebe AG	Anwendung	BZ	Technologie
Bersey Limited Company	Hersteller	Fuel	Oil, Technologie
Bertin Technologies	Hersteller	BZ	PEM
Best Water Technology AG	Anwendung	BZ	PEM
Bewag AG	Anwendung	BZ	PEM
Bitrode Ltd.	Innovation	BZ	Batterien
Bitter Engineering & Systemtechnik	Hersteller	BZ	SO, PEM
BKW Energie GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Blomenco BV	Berater	BZ	SO
BlueSens GbR	Komponenten-Lieferant	Fuel	Sensoren
BMW	Automobile	BZ	Technologie
BOC Gase GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
BP Refining & Petrochemicals GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Brandenburger Kabelwerk GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2

Brennstoffzellen Initiative Baden-Württemberg (BZI)	Forschung	BZ	Technologie
British Energy	Anwendung	BZ	Technologie
Bronkhorst B.V.	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Bryte Energy Limited	Forschung	BZ	A
Buderus AG	Hersteller	BZ	PEM
Bulgarian Hydrogen Association	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Bundesamt für Materialforschung und -prüfung	Innovation	Fuel, BZ	Technologie
Burckhardt Compression GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Bürkert Fluid Control Systems	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Bürkert GmbH & Co.KG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
BWT AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Cabot Superior Micro Powders	Hersteller	BZ	Technologie
Caloric Anlagenbau GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Cambridge University	(Aus)Bildung	BZ	SO, PEM
Canaccord Capital (Europe) Ltd.	Automobile	BZ	Technologie
Cantons	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Capteur Sensors & Analysers Ltd	verschiedenartig, gemischt	Fuel	Technologie
Carroll Consultants	Berater	EE	Technologie
Casale Chemicals S.A.	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Castrol Industrie GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Catella Generics AB	Forschung	BZ	Technologie
CCLRC Rutherford Appleton Laboratory	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Celanese AG	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Celco Profil	Automobile	BZ	PEM
Cellex Power Products Inc	Hersteller	BZ	Technologie
Cellkraft	Hersteller	BZ	PEM
Central Laboratory of Electrochemical Power Sources	Forschung	BZ	SO
Ceram Research	Forschung	BZ	SO
Ceramic Fuel Cells Ltd	Hersteller	BZ	SO
Ceramices Techniques et Industrielles s.a.	Hersteller	BZ	Technologie
CESI Centor Elettrotecnico Sperimentale Italiano G. Motta	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Chalmers University of Technology	Forschung	BZ	DM
Chell Instruments Ltd.	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Chevron Texaco Technology Ventures	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
CHOREN	Innovation	Fuel	BTL, Technologie
CIDETEC	Forschung	BZ	PEM
CIEMAT	Forschung	BZ	MC
CLC srl	Hersteller	BZ	PA
Close Brothers International	Investment	EE	Technologie
CMR Fuel Cells	Hersteller	BZ	PEM, DM
CNR-ITAE	Forschung	Fuel	Reformer
Coatema	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
COGEN EUROPE Verband für Kraft-Wärme-Kopplung	Innovation	Fuel	Technologie
Comsol Ltd.	Innovation	BZ	Technologie
Comuna-metall GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Concim	Berater	EE	Technologie
Conduit Ventures	Automobile	BZ	Technologie
Core Technology Ventures	Innovation	BZ	Technologie
Cranfield University	Forschung	BZ	SO
CREAVIS G-schaft für Technologie und Innovation mbH	Hersteller	H2, BZ	H2, PEM
CRS4	Forschung	BZ	PEM

CTI - Ceramique Techniques et Industrielles s.a.	Komponenten-Lieferant	BZ	SO
CUTE - Clean Urban Transport for Europe	Feldtest	BZ	PEM
Cymru H2 Wales	Umwelt	Fuel	H2
D.M.2 Verwertungstechnologie	Hersteller	Fuel	H2
DaimlerCrysler AG	Automobile	BZ	PEM
DAIS Corporation	Hersteller	BZ	PEM
DANA Corporation	Hersteller	BZ	Technologie
Danish Power Systems	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Dart Sensors Ltd.	Material-Lieferant	BZ	PEM, DM
Daume Regelamaturen GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
David Fuel Cells Components	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Davis Pneumatic	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
Degussa dmc2 Metals Catalysts Cerdec AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
Delft University of Technology	Forschung	BZ	SO, DM
Denaro Energiesysteme	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Deutsche BP AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Deutsche BP AG Chemicals Production	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Deutsche Castrol Vertriebsgesellschaft mbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Deutsche Steinkohle AG	Anwendung	BZ	Kohlenbergbau
Deutscher Wasserstoff Verband (DWV)	Innovation	Fuel	H2
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	Innovation	BZ	Technologie
Deutz AG	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
DGB Region Emscher Lippe	Innovation	BZ	Energie, Chemie
Diamond Lite S.A.	Hersteller	Fuel	H2
Dimplex KKW Kulmbacher Klimagerätewerke GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Distrigaz	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
DLR (Deutsches Luft- und Raumfahrt Center)	Forschung	BZ	SO, DM
DLR Institut für Technische Thermodynamik	Forschung	BZ	Technologie
DMT (Deutsche Montan Technologie) GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
DMT Gesellschaft für Forschung und Prüfung GmbH	Forschung	Fuel	Technologie
Domel Inc.	Komponenten-Lieferant	Fuel, BZ	Reformer, PEM
DONG Naturgas A/S	Anwendung	BZ	PA
Dr. Mühlen GmbH & Co.KG Entsorgungstechnologien	Innovation	Fuel	H2
DRAABE Industrietechnik GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H3
Drägerwerk AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H4
DT Assembly & Test Europe Ltd.	Hersteller	BZ	PEM
DuPont Fuel Cells	Hersteller	BZ	Technologie
DWV (Deutscher Wasserstoff Verband)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Dynetec Europe GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
EEZ Energie Energiewirtschaft Zukunftsenergien	Berater	BZ	H2, Technologie
E.ON Energie AG	Anwendung	BZ	PEM, SO
E.ON Engineering GmbH	Feldtest	Fuel, BZ	Technologie
E4tech	Berater	EE	Technologie
EA Technology	Berater	EE	Technologie
EAE Energy	Generalvertreter	BZ	PEM
EAM Energieplus	Anwendung	BZ	Technologie
EAW Energieanlagenbau GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
EBZ - Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft BZ mbH	Innovation	BZ	Technologie
EC Power	Hersteller	BZ	PEM, DM
ECA	Forschung	BZ	PEM

ECN - Energie-Reseven-Center der Niederlande	Innovation	Fuel, BZ	Technologie
Ecocats Ltd.	verschiedenartig, gemischt	EE	Technologie
Ecole de Mines de Paris	Forschung	BZ	PEM
Economatics (Education) Ltd.	Generalvertreter	BZ	PEM
ECTOS - (Ecological City TransPort System)	Feldtest	BZ	PEM
Edison	Anwendung	BZ	SO
EEZ Energie Energiewirtschaft Zukunftstechnologien	Berater	EE	Technologie
ef.Ruhr Forschungs GmbH	Forschung	Fuel, BZ	Technologie
EFFCELL GmbH	Hersteller	BZ	A
Efuel Technology	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Reformer
Elcogen AS	Hersteller	BZ	SO
ELE Emscher Lippe Energie GmbH	Feldtest	BZ	PEM
Electrabel Deutschland	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Electricite de France EDF	Anwendung	BZ	SO, PEM
ElectroChem Inc.	Hersteller	BZ	Technologie
Electro-Chem-Technic	Innovation	BZ	Technologie
Elektra Birseck	Anwendung	BZ	PEM
Elektromotoren- und Gerätebau Barleben GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Element Energy	Berater	BZ	Technologie
Elettronica Santerno SpA	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Elkraft AmbA	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
ELT Elektrolyse Technik	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
ELWA Tec	Hersteller	Fuel	Elektrolyseure
EnBW - Energie Baden-Württemberg AG	Forschung	BZ	SO, PEM
ENDESA Energia S.A.	Hersteller	BZ	Technologie
ENEA - Ital. nationale Agentur für Technologie und Energie	Umwelt	BZ	MC, PEM
Eneco Ltd.	Hersteller	BZ	A
ENEL	Anwendung	BZ	Technologie
ENERCON GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Energetica XXI	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Energie AG Oberösterreich	Anwendung	BZ	SO
Energie Agentur NRW	Innovation	Fuel, BZ	Technologie
EnergieNed	Feldtest	BZ	SO
Energo	Integration	BZ	MC, SO
Energy Research Centre of the Netherlands (ECN)	Forschung	BZ	PEM, SO
Energy Savings Trust	Kommerzialisierung	EE	Technologie
Enertech Solutions Ltd.	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Reformer
Engineering and Physical Sciences Research Council	Investment	Fuel, BZ	Technologie
Eni Ricerche	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Enkat GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
ENSCP	Forschung	BZ	MC, SO
Entransco	Berater	Fuel	Reformer
Entwicklungs- u. Vertriebsgesellschaft Brennstoffzelle mbH	Hersteller	BZ	SO
EPF Lausanne	Material-Lieferant	BZ	SO
ERC Emissions-Reduzierungs-Conzepte GmbH	Innovation	Fuel	Technologie
Erdgas Oberösterreich	Anwendung	BZ	SO
ESCUBE GmbH Space Sensor Systems	Hersteller	Fuel	H2
E-Si	Generalvertreter	Fuel	Elektrolyseure
Esoro AG	Forschung	BZ	PEM
ET - Energie Technologie GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
E-TEK Inc	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
ETH Zürich	Forschung	BZ	SO

EUHYFIS	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Kompressoren
European Commission	Innovation	Fuel, BZ	Plattform: H2, BZ
European Electric Road Vehicle Association (AVERE)	Umwelt	EE	Technologie
European Energy Exchange AG	Innovation	Fuel	Technologie
European Fuel Cell GmbH (EFC)	Hersteller	BZ	PEM, alle Anwendungen
European Fuel Cell Group Ltd.	Kommerzialisierung	BZ	SO
European Hydrogen Association (EHA)	Kommerzialisierung	Fuel	H2
European Institute for Energy Research	Forschung	BZ	SO, PEM
EUS G. für Forschung und Entwicklung mbH	Forschung	BZ	Technologie
EUtech	Integration	BZ	Technologie
Evalue srl	Generalvertreter	BZ	SO
eVionxy Taiwan	Hersteller	BZ	Technologie
EvoBUS	Hersteller	BZ	Technologie
Evolution Beeson Gregory Ltd.	Investment	BZ	Technologie
EWAG Energie und Wassersversorgung AG	Anwendung	BZ	Technologie
EWE AG	Anwendung	BZ	Technologie
EWR AG	Anwendung	BZ	SO
EXAKTA	Kommerzialisierung	BZ	Technologie
Exciting R/C Models Ltd	Integration	Fuel, BZ	Reformer, PEM
Fabrique Research	Forschung	BZ	SO
FEV Motorentechnik GmbH	Forschung	BZ	PEM, SO
FFI (Norwegian Defence Research Establishment)	Forschung	BZ	PEM, DM
Field Fisher Waterhouse	Berater	BZ	PEM
FIMAG Finsterwalder Maschinen- und Anlagenbau GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Fincantieri SpA	Integration	BZ	PEM
FLABEG Solar International GmbH	Integration	Fuel	Technologie
Flox Reformer	Hersteller	Fuel	Reformer
FN Spa	Komponenten-Lieferant	BZ	MC
Ford Forschungszentrum Aachen	Forschung	BZ	Technologie
Fördergesellschaft Erneuerbarer Energien e.V. (FEE)	Kommerzialisierung	EE	Technologie
Forschungsallianz BZ Baden-Württemberg	Forschung	BZ	Technologie
Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE)	Umwelt	Fuel, BZ	Technologie
Forschungszentrum Jülich (PBZ)	Forschung	Fuel, BZ	Technologie
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	Feldtest	Fuel	Technologie
Fortum	Anwendung	BZ	PEM
Fraunhofer Institute	Forschung	BZ	Chemie
French Hydrogen Association - AFH2	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Freudenberg Fuel Cell Components Technology (FFCCT)	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Fuel Cell and Hydrogen Research Centre	Forschung	BZ	Technologie
Fuel Cell Control Ltd.	Hersteller	BZ	A
Fuel Cell Europe	Kommerzialisierung	BZ	Technologie
Fuel Cell Joint-Venture Austria (Arbeitsgem. BZ)	Generalvertreter	BZ	SO
Fuel Cell Knowledge	Innovation	BZ	SO
Fuel Cell Network	Innovation	BZ	Internet
Fuel Cell Scotland Ltd.	Forschung	BZ	SO
Fuel Cell Systems	Hersteller	BZ	A
Fuel Cell Technologies	Hersteller	BZ	Technologie
Fuel Cell Test and Evaluation Center (FCTec)	Hersteller	BZ	Technologie
Fuel Cell Today	Generalvertreter	BZ	Technologie
Fuel Cell UK	Kommerzialisierung	BZ	Technologie
Fuelcell Solutions Ltd.	Berater	BZ	Technologie
FuelCon AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2

FuMA-Tech GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
FutureCamp GmbH	Forschung	Fuel	Reformer, H2
FutureCarbon GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Fuyuan Century Fuel Cell Power Co. Ltd	Hersteller	BZ	alle Anwendungen
Galway-Mayo Intitute of Technology	Forschung	BZ	SO
Gas Natural	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Gaskatel GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	A
Gastec Certification b.V.	Berater	BZ	PEM, SO
GASTEC NV	Komponenten-Lieferant	Fuel	Reformer
Gasuine	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Gaswärme-Institut Essen	Forschung	Fuel, BZ	Reformer, PEM
GATRON GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Gaz de France (GdF)	Anwendung	BZ	SO, PEM
GE Jenbacher	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Reformer
Geminox Boilers	Hersteller	BZ	Technologie
General Electric	Hersteller	BZ	Technologie
Geohil Erdwärmeanlagenbau AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Georgian Academy of Sciences	Forschung	BZ	SO
German Fuel Cell Association (BZV-D)	Kommerzialisierung	BZ	Technologie
Germanischer Lloyd	Berater	EE	Reformer
Ges. für Hochleistungselektrolyseure z. Wasserstofferzeugg	Hersteller	Fuel	H2
Gesellschaft für Elektrometallurgie (GfE)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Gesellschaft für Wirtschaftsförderung Duisburg mbH	Innovation	BZ	Technologie
GEW Köln AG	Anwendung	BZ	Technologie
GHW Gesellschaft für Hochleistungselekrolyseure mbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Elektrolyseur, H2
GKSS Research Center Geesthacht GmbH	Forschung	Fuel	H2
Global Fuel Solutions	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Global Thermoelectric	Hersteller	BZ	SO
Goeta Technology Developer International	Forschung	BZ	SO
Gore & Associates GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Green Propulsion	Automobile	BZ	Reformer, PEM
Greenlight Power Technologies Inc	Hersteller	BZ	Technologie
Grimm	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Group Lotus plc	Integration	BZ	Technologie
GSR Ventiltechnik GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
H Power	Hersteller	BZ	PEM
H2Energy	Hersteller	BZ	PEM
H2Herten	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
h2-interpower GmbH	Hersteller	Fuel	H2
Haase Energietechnik AG	Hersteller	BZ	Technologie
Hamburger Gas Consult	Generalvertreter	Fuel	H2
Hamburger Hochbahn AG	Anwendung	BZ	Technologie
Harpen AG	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
HAT ceramix SA	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
HaveBlue	Integration	BZ	Technologie
HDW Fuel Cells Systems GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Heatric	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Helbio S.A.	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
Heliocentris Energiesysteme GmbH	Innovation	BZ	Technologie
HELION	Hersteller	BZ	alle Anwendungen

Helion Fuel Cells	Hersteller	BZ	PEM, SO
HERA Hydrogen Storage Systems GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2, Reformer
Hese Umwelt GmbH	Innovation	Fuel	H2
HEW - Hamburger Elektizitäts-Werke AG	Anwendung	BZ	PEM
Hexion B.V.	Komponenten-Lieferant	Fuel	Reformer
HGW - Hamburger Gas-Werke AG	Anwendung	BZ	Technologie
HIAT GmbH	Forschung	Fuel, BZ	Reformer, PEM
HILTech Developments Ltd.	Hersteller	BZ	PEM, SO
Hitachi Europe GmbH	Innovation	BZ	Technologie
Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW)	Forschung	BZ	SO
HOERBIGER International GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Holroyd	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Howaldts-Deutsche-Werft AG	Hersteller	BZ	Technologie
HT Wasserelektrolyse	Hersteller	Fuel	H2
HTceramics SA	Forschung	BZ	SO
h-tec GmbH	Hersteller	BZ	PEM
h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
HTI Biel	Feldtest	BZ	PEM
Hudson Shribman Scientific Recruitment	Innovation	BZ	PEM, DM
Humboldt-Lotz Elektrotechnik GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Hy Radix	Hersteller	BZ	Technologie
Hydro	Hersteller	Fuel	Elektrolyseure, Reformer
Hydro Electrolysers AS	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Hydrocell Fuel Cells	Hersteller	BZ	PEM
Hydrocell OY	Hersteller	BZ	A
Hydrocell U.K.	Hersteller	BZ	A, PEM
Hydrogeit	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Hydrogen and Fuel Cell Initiative Hessen	Kommerzialisierung	EE	Technologie
Hydrogen Power Inc	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Hydrogen Solar Production Company	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Hydrogen System Laboratory	Forschung	Fuel	Technologie
Hydrogen Systems	Hersteller	H2	Elektrolyseure
Hydrogen Technology Initiative Mecklenburg-Vorpommern	Kommerzialisierung	Fuel	H2
Hydrogenics Corporation	Hersteller	BZ	PEM
HydrogenLeeds	Forschung	BZ	PEM, SO
Hygen Industries	Hersteller	H2	Elektrolyseure
Hynergreen Technologies S.A.	Forschung	BZ	PEM
HY-Tank i.G.	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
HyWeb	Innovation	BZ	Internet
I.T.E.N.O.S GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
IAW Isar-Amperwerke AG, jetzt E.ON Bayern AG	Innovation	BZ	Technologie
Iberdrola	Anwendung	BZ	Technologie
IBZ - Initiative Brennstoffzelle	Generalvertreter	BZ	PEM, SO
Icelandic New Energy Ltd.	Innovation	Fuel	H2
IdaTech	Hersteller	BZ	DM
IFREMER	Forschung	BZ	PEM
IG BCE Bildungszentrum	(Aus)Bildung	Fuel	Energie, Chemie
IHR Industrietechnik Höbing + Reil GmbH	Hersteller	BZ	MC
Ikerlan	Forschung	BZ	SO
ILT Technology	Brennstoff und Infrastruktur	BZ	PEM
IMM Institut für Microtechnik Mainz GmbH	Hersteller	BZ	Technologie

impeldo	Generalvertreter	BZ	DM
Imperial College - FC Integration	Forschung	BZ	Technologie
Imperial College - PEMFC	Forschung	BZ	PEM
Imperial College London	(Aus)Bildung	BZ	Technologie
Inasmet	Forschung	BZ	SO
InDEC Ltd.	Komponenten-Lieferant	BZ	SO
Independent Power Technologies Ltd.	Hersteller	BZ	A
INEGI	Forschung	BZ	Technologie
INEOS Chlor - Electrochemical Technology Business (ETB)	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
INETI	Forschung	BZ	Technologie
Infraserv GmbH & Co. Höchst KG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Initiative Brennstoffzelle	Innovation	BZ	Technologie
Innecken Elektrotechnik GmbH	Hersteller	BZ	Steuerungs-Systeme
Innergis	Berater	EE	Technologie
Innogy plc (RWE)	Hersteller	BZ	Technologie
innotech GmbH	Automobile	BZ	Technologie
Institut für Energie- und Umweltverfahrenstechnik	Forschung	Fuel	Technologie
Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH	Hersteller	Fuel	H2, Reformer, Katalysat.
Institut für Oberflächen- und Dünnschichttechnik	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Institut für Zukunfts Energie Systeme	Forschung	BZ	Technologie
Institute of Catalysis, CSIC	Forschung	Fuel, BZ	Reformer, DM
Institute of Solar Energy Distribution Technology (ISET)	Forschung	BZ	PEM
Intelligent Energy Ltd.	Hersteller	BZ	PEM
Interessenverband Grubengas IVG e.V.	Anwendung	Fuel	Technologie
International Innovation Services Ltd.	Berater	EE	Technologie
International Science and Technology Center (ISTC)	Kommerzialisierung	BZ	SO
Invent Qjaya	Hersteller	BZ	Technologie
IPF Heizkraftwerksbetreibergesellschaft mbH	Integration	BZ	PEM, MC
IRD Fuel Cells A/S	Hersteller	BZ	PEM
Irisbus	Hersteller	BZ	PEM
Israel Aircraft Industries (IAI)	Integration	BZ	PEM
Israel Ministry of Defence	Investment	BZ	portabel, Aircraft
Itapro GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
ITM Power	Forschung	BZ	PEM
ITO Europe	Generalvertreter	BZ	PEM, DM
Jenbacher GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Jitex	Berater	BZ	PEM
JLG Deutschland GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Johnson Matthey	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM, DM
Jozef Stefan Institute	Forschung	BZ	SO
Kaeser Kompressoren GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Karl-Winnacker-Institute	Forschung	BZ	PEM
KAT-Chem GmbH	Forschung	Fuel	Reformer
Keele University	Forschung	Fuel, BZ	Reformer, SO
KEMA Niederland BV	Berater	BZ	SO, MC
KERAFOL Keramische Folien GmbH	Material-Lieferant	BZ	SO
KIBZ - Kompetenz- und Innovationszentrum Brennstoffz.	Kommerzialisierung	BZ	PEM
King´s College London	Forschung	BZ	SO
Kogeneracja SA (EDF)	Generalvertreter	Fuel	Technologie
Köhler und Ziegler Anlagentechnik GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2

Kompetenz- und Innovationszentrum BZ Stuttgart e.V.	Innovation	EE	Strom aus Klärgas
Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW	Investment	Fuel, BZ	Technologie
Kompetenzzentrum Herten	Innovation	Fuel, BZ	H2, PEM
Koncar Power Plant and Electric Traction Engineering Inc.	Integration	BZ	Technologie
Kraftwerk- Dezentrale Energiesysteme GbR	Hersteller	BZ	Technologie
Kromschröder AG (Ruhrgas)	Komponenten-Lieferant	BZ	Mess-, Regel-Techn.
Krupp Uhde GmbH Deutschland	Hersteller	Fuel	Reformer
Kungl Tekniska Högskolan - Royal Institute of Technology	Forschung	BZ	PEM
Kunming Institute of Precious Metals	Forschung	BZ	Technologie
KWH-Katalysatorenwerke Hüls	Hersteller	Fuel	Katalysatoren
La Mont Kessel GmbH & Co.KG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Labgas Instrument Company	Komponenten-Lieferant	Fuel	Kompressoren
Labtech Int. Co. Ltd.	Material-Lieferant	Fuel	H2
Lahmeier International	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Laminova	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Landesinitiative Zukunftsenergien NRW	Innovation	Fuel, BZ	Technologie
Leicester City Council	Umwelt	BZ	PEM
Leroy-Somer Elektromotoren GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Linde AG	Hersteller	Fuel	H2
Linde AG Linde Gas Division	Hersteller	Fuel	Tanks, H2
Linde Kryotechnik	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Lithuania Energy Institute	Forschung	BZ	SO
Loughborough University	Forschung	Fuel, BZ	Technologie
Ludwig Boelkow Systemtechnik GmbH	Berater	BZ	PEM
Lurgi Lentjes Service GmbH	Innovation	BZ	Technologie
Lurgi Bamag	Hersteller	H2	Elektrolyseure
M&T Consulting Company	Hersteller	BZ	PEM, MC
Magnum Automatisierungstechnik GmbH	Innovation	BZ	PEM
Magnum GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Magnum Power Systems	Hersteller	BZ	PEM
Mahler IGS GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
MAN Nutzfahrzeuge AG	Automobile	BZ	PEM
Mannesmann	Automobile	BZ	Technologie
Masterflex AG	Hersteller	BZ	PEM
Mättig Mess- und Regeltechnik Vertriebs GmbH	Innovation	BZ	Technologie
MAUELL GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
Max Planck Institut für Kohleforschung	Forschung	Fuel	Speicher, H2
Max Planck Institute for Solid State Research	Forschung	BZ	PEM, SO
MDE Dezentrale Energiesysteme GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Mediagon AG	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Medis Technologies	Hersteller	BZ	Technologie
Mega as	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Melville Polymer Lab	Forschung	BZ	PEM
Membrana Mundi GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Menag Energie GmbH	Innovation	BZ	Technologie
MES-Dea sa	Automobile	BZ	PEM
Messer Griesheim GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Metal-Tech Ltd.	Material-Lieferant	BZ	DM
Metodo srl Consulting Engineering	Generalvertreter	BZ	PEM, SO
Microponents Ltd.	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM

microsense GmbH & Co.KG	Hersteller	BZ	Technologie
Micro-Vett	Integration	BZ	PEM
Millennium Cell Inc	Hersteller	BZ	Technologie
Minegas und Minegas-Power GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
MiniHYDROGEN Aps	Innovation	BZ	Technologie
Ministry of Defence (MoD), Deutschland	Investment	BZ	millitärische Zwecke
Ministry of Defence (MoD), England	Investment	BZ	millitärische Zwecke
Ministry of Defence (MoD), Frankreich	Investment	BZ	millitärische Zwecke
Minitec Engineering GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
MJHK - Interests	Generalvertreter	BZ	PEM
MMC Norilsk Nickel	Material-Lieferant	BZ	PEM
Mobatt	Kommerzialisierung	BZ	Generator, Batterie
Mobil Erdgas-Erdöl GmbH (ExxonMobil)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Morgan Fuel Cell	Hersteller	BZ	PEM, SO
Morphic Technologies AB	Hersteller	BZ	PEM
Motortech GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
MTU Friedrichshafen GmbH	Hersteller	BZ	MC
Münchner H & C Engineering GmbH	Anwendung	BZ	Technologie
MVV Energy AG	Anwendung	BZ	PEM,Feldtest,Heizgerät
MWB Motorenwerke Bremerhaven GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Napier University	Kommerzialisierung	BZ	PEM
Naps Systems Oy	Generalvertreter	BZ	PEM
National Society for Clean Air	Umwelt	EE	Technologie
NedStack BV	Hersteller	BZ	PEM
Neoplan Gottlob Auwärter GmbH & Co.KG	Hersteller	BZ	PEM
Net Green Developments Lda	Integration	BZ	PEM
Netzwerk Regenerative Kraftstoffe (ReFuelNet)	(Aus)Bildung	EE	Technologie
NewChem Technologies Ltd.	Forschung	BZ	PEM
N-GHY Fuel Processors for Fuel Cells	Hersteller	Fuel	Elektrolyseure, Reformer
NIRA	Komponenten-Lieferant	BZ	Elektronik
Nitto Kohki	Komponenten-Lieferant	BZ	Kompressoren
Norsk Hydro	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Elektrolyseure, Reformer
Norsk Hydro Elektrolysers	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Elektrolyse
Northeast Advanced Vehicle Consortium (NAVC)	Marktstudie	BZ	Berichte
Norwegian Hydrogen Forum (NHF)	(Aus)Bildung	Fuel	H2
Norwegian University of Science and Technology (NTNU)	Forschung	BZ	SO
Notus-Energy GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	EE	WKA, Farmen
Novem	Investment	BZ	SO
NOVUM-Energy Fachhochschule Aachen	Forschung	BZ	Technologie
NTDA Energía	Hersteller	BZ	SO
Numerical Modelling GmbH	Forschung	BZ	SO, PEM
Nuvera Fuel Cells	Hersteller	BZ	PEM
ÖL-Wärme-Institut (OWI)	Hersteller	Fuel	H2, Reformer
OMG AG & Co.KG	Hersteller	BZ	Technologie
OMG Corporation Deutschland	Hersteller	BZ	Technologie
ONSI Corporation	Hersteller	BZ	PA
Opcon AB	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Osborne Clarke	Berater	EE	Technologie
Oxeno Olefinchemie GmbH	Hersteller	Fuel	H2
Oxford University	Forschung	BZ	PEM

P&T Technologie AG	Innovation	BZ	Technologie
P21 GmbH	Hersteller	BZ	PEM
Paul Scherrer Institute (PSI)	Forschung	BZ	PEM
Paxitech SAS	Hersteller	BZ	PEM
PEM Technologiegesellsch. fr. elektrochem. Bearbeitg. mbH	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
PEMEAS GmbH	Hersteller	BZ	Chemie, Technologie
Perkins Motoren GmbH & Co.KG	Hersteller	BZ	Technologie
Peugeot	Automobile	BZ	Technologie
Phocos AG	Hersteller	BZ	PEM
PLANET	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Planet Capital	Risiko-Finanzierung	EE	Technologie
Plansee AG	Material-Lieferant	BZ	SO
PLUG POWER Corps	Hersteller	BZ	PEM
Point Fusion	Generalvertreter	BZ	PEM
Politecnico di Milano University	Forschung	EE	Technologie
Politecnico di Torino	Forschung	BZ	PEM
Porvair plc	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Power Avenue GmbH	Hersteller	BZ	PEM
Power Services Gr	Generalvertreter	BZ	PEM, SO
Praxair GmbH	Hersteller	Fuel	H2
Primiero Idrogeno	Generalvertreter	BZ	PEM, PA
Profactor GmbH	Forschung	BZ	MC
Promocell	Forschung	BZ	PEM
Proton Energy Systems Inc	Hersteller	H2	Elektrolyseure
Proton Motor Fuel Cell GmbH	Hersteller	BZ	PEM
Protonex Technology Corp.	Hersteller	BZ	alle Anwendungen
Prototech AS	Komponenten-Lieferant	BZ	SO
PSFU GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
PZERO Ltd.	Integration	BZ	PEM
QinetiQ	Forschung	BZ	PEM, SO
Quantum Technologies Inc	Hersteller	BZ	Technologie
QuestAir Technologies Inc	Hersteller	Fuel	Elektrolyseure, Reformer
Quester	Risiko-Finanzierung	BZ	Technologie
QuinTech	Generalvertreter	BZ	PEM
RAG	Anwendung	BZ	Technologie
RAG Bildung	(Aus)Bildung	BZ	Technologie
Regenesys Technologies Limited (Innogy/RWE)	Hersteller	BZ	Technologie
Renault	Automobile	BZ	SO, PEM
Renertec GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Renew Tees Valley Ltd.	Kommerzialisierung	BZ	PEM
Renewable Energy Management Ltd.	Innovation	EE	Technologie
Rheinbraun AG (RWE)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
rhenag Rheinische Energie AG	Anwendung	BZ	Technologie
Rietschle Thomas Puchheim GmbH	Hersteller	Fuel	H2
Risoe National Laboratory	Forschung	BZ	SO, PEM
Robert Gordon University	Forschung	BZ	PEM
Rondol Technology Ltd.	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
RT Group Ltd	Material-Lieferant	BZ	PEM
Rubin Central Marine Design Bureau	Hersteller	BZ	millitärische Zwecke
Rücker Ibérica S.L.	Automobile	BZ	DM, PA

Ruhr Universität Bochum	Forschung	BZ	Technologie
Ruhrgas AG Forschung	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Rütgers Carbo Tech GmbH	Hersteller	Fuel	H2, Multi-Fuel-H2-Gener.
RWE AG	Anwendung	BZ	Technologie
RWE Fuel Cells GmbH	Anwendung	BZ	Technologie
RWTH Aachen - IKA	Forschung	BZ	Technologie
RWTH Aachen - LBZ	Forschung	BZ	PEM
SAIA Burgess Dreieich GmbH	Generalvertreter	BZ	Technologie
Samsung	Hersteller	BZ	Technologie
Sandstede Technology Consulting	Berater	BZ	Technologie
Sanjo	Hersteller	BZ	Technologie
Sasso s.n.c.	Berater	BZ	PEM, SO
Schmidlin	Hersteller	H2	Elektrolyseure
Schunk Kohlenstofftechnik GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
Scottish Fuel Cell Consortium	Kommerzialisierung	BZ	PEM, A
SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH	Hersteller	BZ	Technologie
Sensistor Technologies GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
SFC Smart Fuel Cell AG	Hersteller	BZ	Technologie
SGL Carbon	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
SGS Future	Generalvertreter	BZ	PEM
Sheffield Hallam University	Forschung	BZ	PEM
Shell Deutschland	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	VES
Shell Renewable Corporate Office	Innovation	BZ	Technologie
Siemens / KWU (Westinghouse)	Hersteller	BZ	PEM, SO
Siemens AG	Hersteller	BZ	SO, PEM
Siemens AG I&S IS HSE 3	Hersteller	BZ	Technologie
siGEN Ltd.	Integration	BZ	PEM, A
Siloxa Engineering AG Deutschland	Hersteller	Fuel	Reformer
Sint Energetic	Generalvertreter	EE	Technologie
Sisecam Chemicals Group	Hersteller	BZ	PEM, DM
Sistemas de Calor	Hersteller	BZ	Klima, Heizung
smart dolphin GmbH	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Smart Electronic Development GmbH	Komponenten-Lieferant	BZ	Technologie
Smart Fuel Cell AG	Hersteller	BZ	DM
smotech Brennstoffzellen GmbH	Hersteller	BZ	DM
Soester Delta Energy Systems	Hersteller	BZ	Wechselrichter
SOL Group	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Solar Century	Innovation	EE	Solarenergie
Solartron Analytical	Innovation	BZ	Technologie
Sorapec	Hersteller	BZ	PEM
South West Electrolysers	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Reformer
Spanish Fuel Cell Association - APPICE	Forschung	BZ	PEM
Spanish Hydrogen Association - AEH2	(Aus)Bildung	Fuel	H2
SRE - Energy Rational Solutions	Hersteller	BZ	alle Anwendungen, PEM
Stewart Warner South Wind Corp. / Dunlop Fluid Dynamics	Hersteller	BZ	Technologie
Still GmbH	Automobile	BZ	PEM
Stokes Technical Consulting	Generalvertreter	BZ	A, PEM
Stork Produkt Engineering	Integration	Fuel	Reformer
Stuart Energy	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2, Elektrolyseure
Stuttgarter Region Economic Development Corporation	Kommerzialisierung	EE	Technologie
Süd-Chemie AG	Hersteller	Fuel	Katalysator, Reform.

Suez (Electrabel)	Anwendung	BZ	Technologie
Sulzer Hexis AG	Hersteller	BZ	SO
Sulzer Innotec	Forschung	BZ	SO
Sustain Consult	Berater	EE	Technologie
SWB Solar-Wasserstoff Bayern GmbH	Anwendung	Fuel	H2
Swedish Hydrogen Forum	Umwelt	BZ	H2
Synnogy Ltd.	Innovation	EE	Technologie
TAIM-TFG	Anwendung	BZ	Technologie
Tallinn Technical University	(Aus)Bildung	BZ	Energie
TDI Transistor Devices Inc	Hersteller	BZ	Technologie
TEAG Thüringen Energie AG	Anwendung	BZ	Technologie
TechFund Capital Europe	Risiko-Finanzierung	EE	Energie
Technical Fibre Products Ltd.	Material-Lieferant	BZ	PEM
Technical University of Denmark	Forschung	BZ	PEM, SO
Technische Universität Berlin	Marktstudie	BZ	PKW-Ökonomie
Technische Universität Clausthal	Forschung	BZ	DM
Technische Universität Darmstadt	Forschung	BZ	PEM, SO
Technische Universität Dresden	Brennstoff und Infrastruktur	BZ	SO, PEM
Technische Universität Karlsruhe	Marktstudie	BZ	PKW-Zielkosten
Technische Werke Delitzsch GmbH	Anwendung	BZ	Technologie
Tel-Aviv University	Forschung	BZ	DM
The Boeing Company	Anwendung	BZ	Technologie
The Generics Group Ltd.	Berater	BZ	Technologie
The Japan Steel Works Ltd	Komponenten-Lieferant	Fuel	Technologie
Thyssengas GmbH	Anwendung	BZ	SO
TMB Technomanagement Beratungsgesellschaft mbH	Berater	EE	Technologie
Toshiba	Hersteller	BZ	Technologie
Total S.A.	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel, BZ	Reformer, PEM
TotalFinaElf Deutschland	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	VES
Tropical SA	Integration	BZ	alle Anwendungen, PEM
Tubitak Marmara Research Center	Forschung	BZ	PEM, MC
Turquoise International Limited	Innovation	BZ	Technologie
TÜV Nord e.V.	Innovation	Fuel	H2
Tyczka Industrie-Gase GmbH	Hersteller	Fuel	H2
UK Hydrogen Energy Network	Brennstoff und Infrastruktur	BZ	Technologie
Umicore AG & Co.KG	Hersteller	BZ	Technologie
Umicore Precious Metals Refining	Komponenten-Lieferant	Fuel	Katalysator, Reform.
Unitec Ceramics	Material-Lieferant	BZ	SO
Universität Dortmund	(Aus)Bildung	BZ	PEM
Universität Duisburg	Forschung	Fuel, BZ	Reformer, PEM
Universität Karlsruhe	Forschung	BZ	SO
Universität Kassel	Forschung	BZ	PEM
Universität Stuttgart	Forschung	BZ	Technologie
Universität Wiesbaden	Forschung	Fuel	H2
University of Birmingham	Forschung	BZ	SO
University of Cassino	Forschung	BZ	PEM, MC
University of Engineering	Forschung	BZ	Technologie
University of Engineering, Vaud	Forschung	BZ	PEM
University of Glamorgan	Forschung	Fuel	Reformer
University of Graz	Forschung	BZ	PEM, SO
	Forschung	BZ	Chemie, Elektrolyse
	Forschung	BZ	PEM, DM
	Forschung	BZ	Material, Mechanik

University of Latvia			
University of Newcastle upon Tyne			
University of Nottingham			
University of Patras	Forschung	BZ	Chemie, Elektrolyse
University of Perugia	Forschung	BZ	PEM, MC
University of St. Andrews	Forschung	BZ	SO
University of Strathclyde	Forschung	BZ	PEM
University of Surrey	Forschung	BZ	A, SO
University of Warwick	Forschung	BZ	Material, Mechanik
UPS Systems plc	Generalvertreter	BZ	Technologie
UST Umweltsensorentechnik	Komponenten-Lieferant	Fuel	H2
Vaillant GmbH	Hersteller	BZ	Heizgeräte
Vandenborre Hydrogen Systems GmbH	Hersteller	Fuel	H2
Varian Deutschland GmbH	Hersteller	Fuel	H2
Vattenfall	Anwendung	Fuel	Technologie
VEAG (Vattenfall Europe)	Anwendung	Fuel	Technologie
Verbundnetz Gas AG (VNG)	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
VES - Verkehrswirtschaftliche Energie Strategie	Kommerzialisierung	Fuel	VES
Vestolit GmbH	Hersteller	Fuel	Elektrolyse, H2
Victrex plc	Material-Lieferant	BZ	PEM
Viessmann Werke GmbH & Co.	Hersteller	BZ	PEM
Vinca Institute	Brennstoff und Infrastruktur	BZ	PEM
Vision Engineer Ltd.	Forschung	BZ	Technologie
Volkswagen	Automobile	BZ	Technologie
Voller Energy	Hersteller	BZ	PEM, DM
Voss Automotive GmbH	Hersteller	Fuel	H2
VTT Technical Research Centre of Finland	Forschung	BZ	SO, PEM
W.C. Heraeus GmbH & Co.KG	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM, DM
W.L. Gore & Associates GmbH	Hersteller	BZ	Chemie, Technologie
Warsaw University of Technology	(Aus)Bildung	BZ	SO, MC
Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)	Forschung	Fuel	H2
Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg e.V.	Innovation	Fuel	H2
Wasserstofftechnologie-Init. Mecklenburg-Vorpommern eV	Innovation	Fuel, BZ	Plattform: H2, BZ
WBzU - Brennstoffzellen-Zentrum Ulm	(Aus)Bildung	BZ	Technologie
Weidmann Plastics Technology AG	Komponenten-Lieferant	BZ	PEM
Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V.	(Aus)Bildung	BZ	Anwendungen
Wellmann CJB	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel, BZ	PEM
Westfalen AG	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	H2
Westfalengas	Hersteller	Fuel	H2
Westfälische Ferngas AG	Brennstoff und Infrastruktur	Fuel	Technologie
Westinghouse	Hersteller	BZ	Technologie
Westsächsische Hochschule Zwickau	Forschung	BZ	PEM
Whitby Bird	Innovation	EE	Photovoltaik
WIBA - Coordination Center of the Hydrogen Initiative Bavaria	Kommerzialisierung	Fuel	H2
Wieland Werke AG	Hersteller	BZ	Technologie
Wind Electric Ltd.	Innovation	EE	WKA, Farm
Wirtschaftsinitiative Wasserstoff Dresden (WWD)	Kommerzialisierung	Fuel	H2
WS Reformer GmbH	Komponenten-Lieferant	Fuel	Reformer
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH	Innovation	EE	Technologie
Wupperverband	Anwendung	BZ	Technologie

XCELLSIS Company Deutschland	Hersteller	BZ	Maschinen
YOLE Développement	Berater	BZ	Marktanalyse
Yu Chan Technology Enterprise Co. Ltd	Hersteller	Bz	Technologie
ZBT GmbH Zentrum für Brennstoffzellen Technik Duisburg	Forschung	BZ	PEM
Ze Tek Power	Hersteller	BZ	Technologie
Ze Tek Power plc	Hersteller	BZ	A
Zelinsky Institute of Organic Chemistry	Forschung	Fuel	Reformer
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschg.	Forschung	BZ	MC, SO, PEM
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschg.	Forschung	Fuel	H2
Zero-m	Brennstoff und Infrastruktur	BZ	MC
ZSW - Centre for Solar Energy & Hydrogen Research	Forschung	BZ	PEM, DM
ZukunftsZentrum Herten	Innovation	Fuel, BZ	H2, Technologie

Liste 3 :

Liste der wichtigsten Organisationen, welche sich mit der Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie aktuell in Japan beschäftigen:

Cosmo Oil

Daido Institute of Technology
Daihatsu Motor

Ebara Ballard Corporation
Ebara Corporation
EXY Corporation

Fujitsu Eccess Ltd.

Hino Motor Co. Ltd.
Hiroshima Gas Co. Ltd.

Hitachi Research Laboratory (HRL)
Honda
Hosokawa Micron
Hydrogen Energy Systems Society of Japan - HESS

J Power
Japan Automobile Research Institute (JARI)
Japan Energy Corporation
Japan Fine Ceramics Center (JFCC)
Japan Gas Association (JGA)
Japan Metals and Chemicals Co. Ltd. (JMC)
Japan Storage Battery Co. Ltd.

Johnson Matthey Fuel Cells Japan Ltd.

Kansai Electric Power Co. (KEPCO)
Kawasaki Heavy Industries Ltd.
Kurita Water Industries Ltd.
Kyocera Industrial Ceramics Corporation

Materials and Energy Research Institute Tokyo (MERIT)
Matsushita Elektric Industrial Co. Ltd.
Mazda
MCFC Research Association
Ministry of Economy, Trade and Industry (METI)
Mie University
Mitsubishi
Miyazaki University
Musashi Institute of Technology

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO)
New Energy Foundation (NEF)
New Japan Eco System
Nippon
Nissan

Oita University
ONSI Corporation
Osaka Gas
Osaka National Research Institute (ONRI)
Osaka University

Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE)

Sanyo
Sumitono Corporation Europe

Tamagawa University
Toho Gas
Tokyo Electric Power Co. (TEPCO)
Tokyo Gas
Tokyo Institute of Technology

Tokyo Metropolitan University
Toshiba International Fuel Cells Corporation
Toyota

Yamaha
Yokomaha National University

Im asiatischen Raum sind die Schaffung und die Sicherung eines Wettbewerbsvorteilgesteuert durch Regierungs-Programme.

Am Beispiel Japan ist die enge Kooperation von Regierung mit den Leitunternehmen erkennbar.
In Japan wird konzentriert am Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur gearbeitet; erste Brennstoff-zellen-Fahrzeuge wurden als Leasing-Fahrzeuge für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassen !!

NRW fordert ein nationales Energieprogramm bis 2030 !!

"Ziel müsse es sein, die Effizienz aller Energieträger zu steigern": NRW Infrastrukturminister Axel Horstmann

Der NRW Infrastrukturminister Axel Horstmann und der Städtebauminister Michael Vesper kündigen eine Investitionsoffensive an: Energietechnik made by NRW.

In Japan sind etwa 15 Mrd Nm^3/a Wasserstoff verfügbar, Quellen sind die Stahl-, die Petro- und die Chemie-Industrie. Theoretisch ist diese Wasserstoff-Verfügbarkeit für die geplanten Anwendungen ausreichend bis über das "Ziel 2020" hinaus !

Japans Zielsetzung für die Markteinführung:

- **bis zum Jahr 2010: Einführungs-Phase**
  - Brennstoffzellen-Fahrzeuge: 50.000
  - Stationäre Brennstoffzellen: 2.100 MW

- **bis zum Jahr 2020: Durchdringungs-Phase**
  - Brennstoffzellen-Fahrzeuge: 5.000.000
  - Stationäre Brennstoffzellen: 10.000 MW

Wasserstoff-Verfügbarkeit:	15,0	Mrd Nm^3 H_2
Wasserstoff-Bedarf für Brennstoffzellen-Fahrzeuge (Pkw u. Lkw) im Jahr 2020:	6,2	Mrd Nm^3 H_2
Wasserstoff-Tankstellen im Jahr 2020:	4.000	Tankstellen

Liste 4 :

Liste der wichtigsten Organisationen, welche sich mit der <u>Brennstoffzellen- und Brennstoff-Technologie aktuell in Nord-Amerika</u> beschäftigen:

Eine Listung der wichtigsten Firmen und Institutionen würde an dieser Stelle 25 Seiten füllen !!!
Aus diesem Grund verweise ich lediglich auf einige Versorgungs-Unternehmen, Universitäten und Leitunternehmen.

Air Products & Chemicals Inc
Air Squared Inc
Airgas Inc
Allied Energy
American Council for Renewable Energy (ACRE)
American Hydrogen Association (AHA)

Ballard
BC
BCS Fuel Cells
Biomass Energy Foundation
Boing
Brooklyn Union
Burton Enterprise

California Air Resources Board (CARB)
California Energy Commission
California Fuel Cell Partnership
California Hydrogen Business Council
California Stationary Fuel Cell Collaborative
Canadian Hydrogen Association (CHA)
Canadian Renewable Fuels Association (CRFA)
Cell Expert North America
CellTech Power

Direct Methanol Fuel Cell Corporation
DTE Energy Technologies
DTI Energy
Duke University

Electric Vehicle Association of Canada (EVAC)
Electricar Canada Marine div
Enova Systems

Foundation for a Renewable Energy Economy in the Pacific
Franklin Fuel Cells
Fraunhofer USA
Fuel Cell Advocate
Fuel Cell Components & Integrators

Fuel Cell Concepts LLC

Fuel Cell Safety systems
Fuel Cell Technology Corp.
Fuel Cell Test & Evaluation Center (FCTec)
Fuel Cell Vehicle Center
Fuel Cells 2000
Fuel Cells Canada
Fuel Cells Texas

Gas Technology Institute
General Electric Fuel Cell Systems (GEFCS)
Georgetown University

H2fuel LLC
H2OPower
H2Systems
Hayden Energy
High Technology Development Corp. (HTDC)
Hydrogen Car Company
Hydrogen Energy Center (HEC)

HydroGen LLC
Hydrogen Research Institute, University of Quebec de Trois Rivieres
Hydrogen Ventures LLC
Hydrogenics Corporation
IdaTech
Illinois Institute of Technology (IIT)
Industry Canada
Infinity Fuel Cell and Hydrogen LLC
International Association for Hydrogen Energy (IAHE)
International Partnership for the Hydrogen (IPHE)
Ion Power
IsaTech

Kettering University
Keyspan Energy

Lehigh University
Liquid Control

MagPower Systems
Massachusetts Institute of Technology (MIT)
Maysteel LLC
Membrane Reactor Technologies Ltd.
Methanol Institute (AMI)
Millennium Cell Inc
MTI Micro Fuel Cells

National Hydrogen Association
National Research Council of Canada
Neah Power
New Jersey Institute of Technology

Next Energy

Niagara Mohawk Power Corp.
Northeast Advanced Vehicle Consortium
Northeast Sustainable Energy Association (NESEA)
Northwestern University
Nova Bus Inc
NRC National Fuel Cell Program

Oak Ridge National Laboratory (ORNL)
Ocean Power
Ohio Fuel Cell Coalition
Ontario Power Generation (OPG)

Pacific Fuel Cell Corp.
Pacific Gas & Electric Company
Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)
Palcan Fuel Cell Company
Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV)
Pivotal Power Inc
Plug Power
PolyFuel
PowerTec International
Princeton University

RailPower Technologies Corp.
Renew Power
Renewable Energy Corporation (RECO)
Renewable Energy Development Group
Renewable Energy Fuels Association (RFA)
Rocky Mountain Institute
Royal Military College of Canada

Safe Hydrogen LLC
Shaner Energy
Silver State Energy
Society of Automotive Engineers (SAE)
Solid State Energy Conversion Alliance (SECA)
Southern California Gas Company
Southwest Research Institute (SwRI)
State University of New York (SUNY)
Sure Power Corp
Systems & Process Engineering Corp (SPEC)

Tennessee Technological University
Texaco
Texas Tech University
The Pennsylvania State University
Tufts University

University of Alabama
University of Buffalo, The State University of New York
University of Calgary

University of California Davis

University of California Los Angeles
University of Florida
University of Guadalajara
University of Hawaii at Manoa
University of Idaho
University of Illinois
University of La Verne
University of Michigan
University of Minnesota
University of Missouri-Rolla
University of North Dakota
University of Pennsylvania
University of South Carolina
University of Southern Mississippi
University of Utha
University of Washington
University of Wisconsin-Madison
US Army National Automotive Center
US Army Research Laboratory (ARL)
US Department of Defense (DoD)
US Department of Energy (DoE)
US Fuel Cell Council (USFCC)
US General Fuel Cell Corporation
UTC Fuel Cells

Vanderbilt University
Versa Power Systems

Wayne State University
Worcester Polytechnic Institute (WPI)

Xcellsis
XCORP
XENERGY
Xogen Power Inc

Ztec Corporation

Im nordamerikanischen Raum sind die Schaffung und die Sicherung eines Wettbewerbsvorteil bereits seit den 50ger Jahren forciert worden.
Für millitärische Zwecke (z.B.: U-Boot) und für die NASA (z.B.: Raumfahrt) wurden frühzeitig Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien entwickelt.
Der Wettbewerbsvorteil für den Einsatz der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien wird durch Kooperationen mit europäischen Leitunternehmen gesucht.
Hier zeigt sich, dass die deutschen Entwicklungs-Potentiale zahlreich sind !!!
Besonders innovativ und zeigt sich die Ruhr-Wirtschaft, hier im Besonderen die Emscher-Lippe Region, welche zur Zeit einen Umbau der Montan-Industrie erfährt.
Kapitel 6: Aktivitäten und Potenziale im Ruhrgebiet
Kapitel 7: Zusammenfassung und Schlußfolgerung
Kapitel 7.1: Veränderungsmanagement in der Emscher-Lippe Region

Für den potenziellen Einsatz der Brennstoffzelle in allen Anwendungen (mobil, portabel,

stationär) ist die Basis geschaffen !!
Aus diesem Grund werden an zukünftige Berufsgruppen (Handwerker, Techniker, Ingenieure) im Umfeld der Brennstoffzelle neue Anforderungen gestellt.
Um sicherzustellen, dass anwendungsbezogene Spezifika den Berufsgruppen vertraut sind, wurden im Zeitraum 2000 bis 2003 die Anforderungen definiert und angepasste Lehrmittel und Bildungsmaßnahmen abgeleitet.

Kapitel 8: Berufsorientierung für Schulabsolventen, Lehrveranstaltungen für Studenten, Weiterbildungsmaßnahmen für Ingenieure, Techniker und Handwerker

Unternehmen, welche ab 2006 die Vorserienreife der Brennstoffzelle für den Markt erreichen können :

Es wird eine System-Palette angeboten, mit einer Leistung von 5 $kW_{el.}$/9 kW_{th} bis zu einer Leistung von 250 $kW_{el.}$/300 $kW_{th.}$!!

Die wichtigsten Unternehmen sind:
- Alstom Ballard (Kanada)
- HGC Hamburg Gas Consult GmbH (Deutschland)
- Hydrogenics Kanada (Kanada)
- Hydrogenics Europe Group (Deutschland)
- International Fuel Cells (USA)
- IdaTech (USA)
- **Masterflex** (Deutschland): **Ziel erreicht:** Europas erste Brennstoffzellen-Flotte in Herten !!!
- MTU (Deutschland)
- Plug Power Corps (USA)
- Proton Motor Fuel Cells (Deutschland)
- Samsung (Korea)
- Sanyo (Japan)
- Sulzer Hexis AG (Schweiz) abhängig vom einem Kooperations-Partner
- Vaillant GmbH (Deutschland) abhängig vom einem Kooperations-Partner

Bei den Systemkomponenten eines Brennstoffzellen-Antriebs kann zwischen modifizierten Komponenten (die für die Einführung der Brennstoffzellen-Technologie nur verändert werden, wie z.B. das Kühlsystem oder das Getriebe) und wegfallen **bzw. neuen Komponenten** (z.B. Verbrennungsmotor oder Gaserzeugung) **unterschieden werden.**

Intensive Brennstoffzellen-Forschung und deren Anwendungsgebiete wird durch die Forschungsinstitute betrieben :
- Argonne National Laboratory
- Avista Laboratories
- Case Western Research University
- Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum e.V.
- Desert Research Institute
- Electric Power Research Institute
- ETH Ceramics
- **...**

- Federal Energy Technology Center

- ForschungsAllianz BrennstoffZellen
- Forschungszentrum Jülich
- Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT Pfinztal
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE Freiburg
- Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI Karlsruhe
- Fraunhofer Institut für Umwelt, Sicherheits- u. Energietechnik UMSICHT Oberhausen
- Institut für Energietechnik, TU Berlin
- Institut für Kraftfahrwesen IKA Aachen
- Kompetenzzentrum Herten
- Kompetenzzentrum Stuttgart
- LB Systemtechnik
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg ZSW Ulm

4.2 Ausgangsgliederung für die Marktreife der "Energie aus Brennstoffzellen"

Maßgeblich bestimmend für die Marktreife der "Energie aus Brennstoffzellen" ist die Wertschöpfungs-Analyse der Ausgangsglieder :

- Gewinnung und Bereitstellung der Primärenergieträger
- Brennstofferzeugung
- Speicherung, Transport und Bereitstellung des Brennstoff
- Energieerzeugung durch geeignete Energieumwandlungs-Technologien
- Anwendungsgebiete

Die Industrie hat ihre Pionierarbeit dieser Ausgangsglieder abgeschlossen !
Derzeit werden von der Industrie die Grundvoraussetzungen für eine Markteinführung der Energiegewinnung aus Brennstoffzellen geschaffen:

Die Anwendungsfelder und die aktiven Industriezweige für die Markteinführung:

- **Brennstoffgewinnung (fossil):**
  - Kohlewirtschaft
  - Mineralölwirtschaft
  - Gaswirtschaft
  - Chemie
  - Recyclingwirtschaft

- **Brennstoffgewinnung (regenerativ):**
  - Windkraftindustrie
  - Photovoltaikindustrie
  - Wasserkraftindustrie
  - Landwirtschaft (Biomasse)
  - Wasserwirtschaft (Klärmasse)

- **...**

- **Anwendung stationär:**

- Energie-Versorgungs-Unternehmen
- Gaswirtschaft
- Heizungstechnik
- Handwerk
- Dienstleistung

- **Anwendung mobil:**
  - Fahrzeugwirtschaft
  - Mineralölwirtschaft
  - Verkehrsbetriebe
  - Dienstleistung

- **Industrieller gemeinsamer Kern der aktiven Industie-Zweige**
  - Anlagenbau
  - Elektrotechnik
  - Chemie
  - Verfahrens- und Gassystemtechnik

4.3 Marktentwicklung und Stand der Technik

Die Brennstoffzelle ist aus gutem Grund als Schlüsseltechnologie für eine effiziente, umweltverträgliche und nachhaltige Entwicklung im Energiesektor und Transportwesen des 21. Jahrhunderts erkannt worden !
Mit Senkung der Systemkosten der Brennstoffzellen-Aggregate durch die Serien-Produktion gelingt es, der Energiewirtschaft die kostengünstigste aller Stromerzeugungstechniken zur Verfügung zu stellen !

Die Entwicklung der Brennstoffzellen-Technologie zeigt die Dynamik im Falle der Membran-Brennstoffzelle. Es zeichnen sich Dimensionen ähnlich wie in der Mikroelektronik oder der Telekommunikation ab !

Auf Grund der sehr unterschiedlich vorangeschrittenen Marktentwicklungen und der sehr unterschiedlichen Entwicklung der Technik ist zur Beurteilung eine differenzierte Betrachtung der Anwendungsgebiete nötig !

Differenziert wird in:

- Anwendung: **stationär**
- Anwendung: **mobil**
- Anwendung: **portabel**

4.3.1 Anwendung: stationär

Die Vorserien-Reife wird voraussichtlich 2006 erreicht.

- Die Vorserien-Einführung der **MCFC´s** durch:
  - Ansaldo
  - ECN
  - ERC/MTU
  - Hitachi
  - IHI
  - MC Power
  - MELCO
  - Tonen
    etc.

- Die kommerzielle Einführung der **SOFC´s** durch:
  - Ceramatec
  - ECN
  - MHI
  - Siemens
  - Statoil
  - Sulzer
  - Westinghouse
    etc.

- Die kommerzielle Einführung der **PEMFC´s** durch:
  - Ballard
  - H Power
  - Hydrogenics Canada
  - Hydrogenics Europe Group
  - IdaTech
  - International Fuel Cells
  - Masterflex
  - Siemens
  - Samsung
  - Sanyo
  - Plug Power
  - Proton Motor Fuel Cells
  - (Vaillant), abhängig vom Partner
    etc.

- Die kommerzielle Einführung der **PAFC´s** durch:
  - Fuji
  - Hitachi
  - ONSI
  - Toshiba
    etc.

- Die kommerzielle Einführung der **DMFC´s** durch:
  - IdaTech

Die dezentrale Energieversorgung ist für die Energie-Versorgungs-Unternehmen in der Tat ein Paradigmen-Wechsel !!
Nahezu alle Energie-Versorgungs-Unternehmen, als auch die Branchen Elektrotechnik, Anlagenbau und Chemie bereiten sich hoch konzentriert auf den Markteintritt der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien vor.

Als hochkompetent in diesen Technologien treten bereits heute am stärksten zukunftsweisende Unternehmen hervor aus:
- USA
- Kanada
- Japan
- Deutschland
- Italien

In der stationären Anwendung wird die Markteinführung der Brennstoffzellen vor allem im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung beginnen.
Die Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland liegt mit einem Anteil:
- von 5% durch BHKW´s
- von 9% der gesamten Kraft-Wärme-Kopplung

im europäischen Mittelfeld.
Die Zuwachsrate der BHKW´s liegt derzeit bei 260 MW pro Jahr.
Die Zuwachsrate der Gasturbinen-Anlagen liegt derzeit bei 420 MW pro Jahr.

ONSI legt durch die Markteinführung der Brennstoffzellen eine jährliche Produktionsrate von 150 MW für die Konkurrenzfähigkeit zugrunde.

Die liberalisierten Energiemärkte schienen anfangs den Skeptikern der Marktreife der Brennstoffzellen-Technologien recht zu geben.
Die kostenreduzierende Energie-Politik schien die Marktreife der Brennstoffzellen-Technologie, sowie einen wachsenden Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung in weite Ferne zu stellen.

Die Serienproduktion von PEM-Brennstoffzellen für die Energieversorgung von Privathaushalten ergibt einen rechnerischen Gerätepreis von 2000,- Euro pro Brennstoffzellen-Heizgerät.
Auf Grund des sehr viel höheren Wirkungsgrad eines Brennstoffzellen-Heizgerät gegenüber der herkömmlichen Hausenergieversorgung und der steigenden Stromkosten für die Privathaushalte ist ein Brennstoffzellen-Heizgerät konkurrenzfähig !!!
Gegenwärtig existierende Pilotanlagen sind bereits mehr als ein Jahr erfolgreich in der Demonstrations-Phase.

Der Marktanteil der Hausenergieversorgung mit Gas liegt in der Bundesrepublik Deutschland derzeit bei ca. 11 Mio. Endabnehmern.
Wird nun eine Lebensdauer der Brennstoffzellen-Heizgeräte wie bei der herkömmlichen Hausenergieversorgung (15 Jahre) angesetzt, ergibt sich ein **Neuanlagen-Potenzial** von **ca. 330.000** Brennstoffzellen-Heizgeräten für Einfamilienhäuser und **ca. 440.000** Brennstoffzellen-Heizgeräten für Mehrfamilienhäuser **pro Jahr**.
Führende Unternehmen wie die Sulzer Hexis (Schweiz) und die Vaillant GmbH sprechen von **Marktreife bei einem potenziellen Absatz von 100.000** Brennstoffzellen-Heizgeräten pro Jahr.
Aktuell bilden sich strategische Allianzen zur Finanzierung und Markteröffnung einer Serien-Produktion von Brennstoffzellen-Heizgeräten.

Großkraftwerke verfügen durch die Brennstoffzellen-Technologie über das größte Wirkungsgrad-Potenzial von ca. 70% !

In diesen Anlagen kann das Erdgas oder auch das Grubengas mit internem Reformer einer SOFC oder MCFC als Brennstoff genutzt werden.
Bereits in der Erprobung sind Anlagen mit Leistungen von 200 kW bis zu 2 MW.
Eine realistische Einschätzung läßt den Betrieb von Großkraftwerken mit Brennstoffzellen frühestens 2008 beginnen.

Die Energie-Versorgungs-Unternehmen RWE und E-ON haben den Abbau Kraftwerks-Überkapazitäten angekündigt.

Eine reelle Chance für die Brennstoffzelle in Großkraftwerken findet man wohl kaum in der Kraftwerkserweiterung, sondern vielmehr in der Subventionierung alterungsbedingter Stillegungen.

Wesentliche Faktoren für die Errichtung potentieller Großkraftwerke mit Brennstoffzellen-Technologie sind:

- der Gaspreis (Entkopplung vom Ölpreis ??)
- Kostenreduzierung (Investition, Betrieb, Wartung)
- Lebensdauer der Brennstoffzellen-Stacks
- hoher Wirkungsgrad
- technische Optimierungen
- Serien-Produktionen
- Anbindungsmöglichkeit an eine Wasserstoff-Pipeline
- Fördermittel durch die EU oder das Bundesland
- mögliche Festlegung eines Mindest-Anteil der Energiegewinnung durch Kraft-Wärme-Kopplung
- Innovationswille der Energie-Versorgungs-Unternehmen

Was ist der Grund, dass die Kraftwerksbetreiber die Brennstoffzellen-Technologie sehr gerne als nicht zukunftsnah darstellen ??

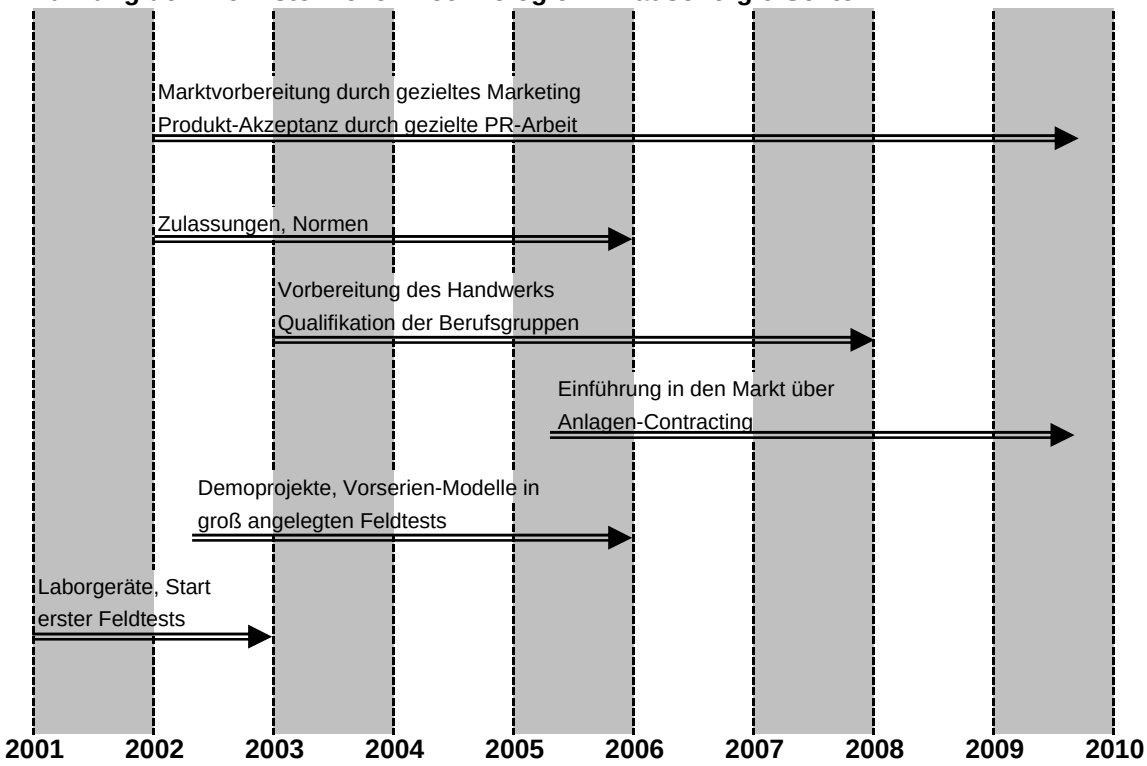
Mit einem Blick auf die Energiekosten erscheint das noch unverständlich, aber in der genauen Betrachtung wird der Grund sehr deutlich !!

- Die Herstellungskosten des Bio-Wasserstoff liegen bei 2,5 Cent/kWh.
- Der Haushaltstarif inclusive Konzessionsabgaben beträgt 3,2 Cent/kWh.
- Der Industrietarif inclusive Konzessionsabgaben beträgt 2,8 Cent/kWh.
    - Für den Privat-Haushalt ließe sich der Strom für 3,2 Cent/kWh unter Einsatz einer Brennstoffzellenheizung erzeugen. Die geringen Energieumwandlungsverluste können in dieser Allgemein-Gegenüberstellung vernachlässigt werden.
    - Vorausgesetzt ein Großkraftwerk ist bereits abgeschrieben, könnte auch das Großkraftwerk den Strom zu diesen Konditionen erzeugen. **ABER**: die Bereitstellung über das Strom-Netz kostet die Kraftwerksbetreiber sehr viel Geld !!
        - Mit dem Markteintritt der Brennstoffzelle in der dezentralen Energieversorgung wird ein Teil der Großkraftwerke unwirtschaftlich.
        - Dies bedeutet das mittelfristige "AUS" für Kernkraftwerke.

- Ähnlich verhält es sich bei der Nahwärme-Versorgung.
  2004 ist der Preis zur Raumwärmeerzeugung aus Erdgas sogar 45% über dem Preis zur Raumwärmeerzeugung aus Bio-Wasserstoff gewesen und der Preis für Erdgas wird auch in Zukunft nicht sinken.

Entwicklungsprognose

Einführung der Brennstoffzellen-Technologie im Hausenergie-Sektor:



4.3.2 Anwendung: mobil

Um Wettbewerbsvorteile auf Grund des hohen Entwicklungsstand der Brennstoffzellentechnologie für Deutschland zu sichern, muß die Frage der Infrastruktur für Brennstoffzellen-Fahrzeuge jetzt zügig angegangen werden !
Für die Serienreife von Neu-Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffeinsatz arbeiten aktuell Unternehmen der Automobil-Industrie und Energieunternehmen an einer "Verkehrswirtschaftlichen Strategie" !
Mehrere Automobilunternehmen kündigen für die kommenden vier Jahre ihre Einführung brennstoffzellenbetriebener Fahrzeuge an und drängen zum Aufbau eines Wasserstoff-Tankstellennetz. Allein die vier größten japanischen Automobilunternehmen investieren pro Jahr 700 Millionen Euro eigene Mittel in die Serienreife der Brennstoffzellen-Antriebe !!

Die Entwicklungsarbeit an den Brennstoffzellen-Antrieben ist bereits zu einem echten Wettbewerbsfaktor gereift. Die Brennstoffzellen-Antriebe sind "die" wirtschaftliche Chance zur Optimierung, zur Sicherung und zum Ausbau der High-Tech-Arbeitsplätze und der Unternehmenserfolge in der deutschen Wirtschaft.

Die für Produktionsbetriebe nötigen Facharbeiter sind in NRW durch den starken Rückgang der Schwerindustrie frei auf dem Arbeitsmarkt verfügbar. Die künftige Herausforderung an die Wirtschaft besteht in der Bereitstellung geeigneter Ausbildungsplätze, Um- und Weiterbildung der Mitarbeiter ! **...**

Ein Erfolg der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb hängt ganz entscheidend von dem Beginn und dem Tempo der Transformations-Prozesse in allen betrieblichen Strukturen ab, was Kooperationswillen und Umformung der betrieblichen Weiterbildung voraussetzt.

Noch vor zehn Jahren waren Skepsis und die zögerliche Haltung der Industrie gegenüber der Brennstoffzellen-Technologien mit fehlender Risiko- oder Innovations-Bereitschaft begründet worden. Allenfalls der Umweltschutz und eine angestrebte Etablierung der eigenen Technologie veranlaßte Unternehmen zur Beteiligung an ersten Pilot-Projekten. **Heute ist der Wettbewerb nicht mehr nur Strategie, es gilt Wettbewerbsvorteile zu sichern !!**

Aktuelle Nachrichten und Ankündigungen veranschaulichen, in welch hohem Tempo Ziele für den mobilen Einsatz der Brennstoffzellen-Technologie vorangetrieben werden:

- **21.10.99 Island auf Kurs zum Wasserstoff:** Verkehr mit Wasserstoff aus erneuerbaren Energien statt Diesel !
- **29.10.99** Neues von den **Auto-Messen Kaliforniens:** wie **GM** zum Wasserstoffauto kommen will, was die Brennstoffzelle für die Kfz-Zulieferer bringt.
- **29.10.99 Klimakonferenz in Bonn**
- **11.11.99 Speicherung von Wasserstoff in Graphitfaser (SWNT)** bei Raumtemperatur.
- **08.12.99** Auftritt der **Miniatur-Brennstoffzelle beim deutschen Zukunftspreis:** Bundespräsident unterstützt zukunftsträchtige Technologien.
- **13.12.99 Wasserstoff und Brennstoffzellen: von der Entwicklung zum Produkt:** Zwei Präsentationen auf der HANNOVER MESSE 2000.
- **17.12.99 Grafitfasern speichern Wasserstoff bei Raumtemperatur:** Nebus in Hamburg.
- **17.12.99 Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle** in Bielefeld in Betrieb genommen.
- **17.12.99 Ford verlässt die Anti-Klimaschutz-Front !**
- **17.12.99 Brennstoffzelle beim deutschen Zukunftspreis.**
- **20.01.00 "Coming of Age - The Energy Revolution"**
- **02.02.00 Europäischer Dachverband für die Wasserstoff-Technologie gegründet.**
- **02.02.00 European Hydrogen Association** nimmt Arbeit in Brüssel auf.
- **28.02.00** Bund fördert Forschung an **Wasserstoff-Nanospeichern.**
- **28.02.00** Fünf-Jahres-Plan aus **Amerika** für eine **Wasserstoff-Infrastruktur.**
- **28.02.00 MTU-Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle** geht nach Alabama.
- **28.02.00 Internationale Normung von Brennstoffzellen beginnt !**
- **28.02.00 Austritt zum Zweiten:** Nach **Ford** verlässt **auch DaimlerChrysler** die Anti-Klimaschutz-Front !!
- **08.03.00 Chinesische Gruppe misst Wasserstoff-Speicherfaktoren.**
- **20.03.00 Hamburg** startet in den sauberen Straßenverkehr: **Flotte von Wasserstoff-Lieferfahrzeugen** jetzt im vollen Betrieb.
- **10.04.00 Rückblick auf die HANNOVER MESSE 2000:** Wasserstoff ist doch der beste Treibstoff !
- **10.04.00 Brennstoffzellen-Fabrik wird bei Köln gebaut !**
- **10.04.00 Ganz Detroit aus der "US-Dreckschleuder-Lobby" ausgetreten !**
- **27.05.00 Thesenpapier aus den Reihen der Bundestagsfraktion von Bündnis 90/die Grünen** zum Auto, zur Mobilität und **zum Wasserstoff.**
- **13.06.00 Die Europäische Komission:** Programm des Workshops vom 29. Und 30.05.00: **Wasserstoff und Brennstoffzellen !**
- **23.06.00** Tag der Brennstoffzelle in Bayern: **BMW präsentiert seine Flotte !**
- **23.06.00 China und Italien arbeiten zusammen an der Wasserstoff-Energie.**
- **23.06.00 Erstes europäisches PEM-BHKW in Berlin !**
- **23.06.00 RWE setzt auf dezentrale Energieversorgung !!**
- **29.08.00 Wasserstoff: Zusammenarbeit Hamburg-Mailand.**
- **29.08.00 Wasserstoff-Tankstellen in Japan und in den USA !**

- **29.08.00 Gaz de France steigt ins Wasserstoff-Geschäft ein.**
- **29.08.00 Ballard und Alstrom planen weitere PEM-BHKW´s.**
- **29.08.00 Ölkrise mit umgekehrten Vorzeichen ??**
- **07.09.00** Rolf Ewald, Vorsitzender des DWV, vor der Wissenschafts-Pressekonferenz: **Wasserstoff kommt - Staat und Wirtschaft müssen schnell handeln !!**
- **30.10.00 Islands Energie-Politik** geht zum grünen **Wasserstoff !**
- **30.10.00 Brennstoffzellen-Bus** im Linienverkehr in **Nürnberg**
- **30.10.00 Opels Brennstoffzellen-Auto gewinnt Marathonläufe in Sydney.**
- **30.10.00 MTU baut Brennstoffzelle** für Schiffe und Eisenbahnen !
- **30.10.00 Außenminister Fischer fordert vor den UN den Übergang zum Wasserstoff.**
- **15.12.00 Größer, mehr, globaler, umfassender: Wasserstoff und Brennstoffzelle auf der HANNOVER MESSE 2001.**
- **20.12.00 Wasserstoff: Kalifornien-Projekt** eröffnet Zentrum in Sacramento.
- **20.12.00** Stadtbus in **Belgien** fährt mit Flüssig-Wasserstoff.
- **20.12.00 NECAR 5 vorgestellt.**
- **20.12.00 Forschungs-Allianz für Brennstoffzellen in Baden-Württemberg.**
- **26.02.01 Ford** zeigt Wasserstoff-Auto in Brüssel und Berlin.
- **26.02.01 BMW** auf Weltreise !!
- **26.02.01** Wasserstoff-Bus in **Turin.**
- **26.02.01 Brennstoffzelle fürs Benzin-Auto.**
- **26.02.01 Brennstoffzellen-Pläne von RWE.**
- **04.03.01 Brennstoffzellen-Busse** kommen nach Europa: **Island** fährt voran und **Australien** stößt zu.
- **05.03.01 Brennstoffzelle statt Batterien** für jeden: Marktstudie zur Wasserstoff-Wirtschaft startet in Island.
- **15.03.01 Die wachsende Rolle von Wasserstoff im Energie-Versorgungs-System.**
- **07.05.01 DaimlerChrysler** startet großes Busprojekt.
- **07.05.01 BMW** reist mit Wasserstoff-Autos durch Europa.
- **25.06.01 VES** beschließt Wasserstoff-Projekt in Berlin.
- **25.06.01 Opel** jagt seinen Proto-Typen durch die Wüste.
- **25.06.01 Japan** baut zwei Wasserstoff-Tankstellen.
- **25.06.01 RWE und Nuvera** arbeiten zusammen an Brennstoffzellen.
- **25.06.01 Toyota** baut stationäre Brennstoffzellen.
- **25.06.01 Bundesregierung** nimmt Förderung der Brennstoffzelle ins KWK-Gesetz auf !
- **06.07.01 Brennstoffzellen-BHKW soll gefördert werden:** Weltweit bisher einzigartiges Gesetzesvorhaben !
- **02.09.01** Wind und Wasserstoff in **Norwegen.**
- **02.09.01 Japan** will saubere Autos auf der Straße.
- **02.09.01** Transporter in **Stuttgart und Hamburg.**
- **02.09.01 NRW** fördert die Brennstoffzelle.
- **02.09.01** Auch **Viessmann** arbeitet an Brennstoffzellen-Heizungen.
- **30.11.01** Wasserstoff-Verband in der **Schweiz** gegründet.
- **05.12.01 Wasserstoff als Kraftstoff ermöglicht weniger CO^2-Emissionen:** Verkehr ist der größte Störfaktor beim Klimaschutz.
- **18.12.01 BMW** zieht Bilanz nach Weltreise.
- **18.12.01 Singapur** baut **Wasserstoff-Infrastruktur** auf.
- **18.12.01 Honda** will Wasserstoff ohne Umwege.
- **18.12.01 RWE** will sein Stück vom Kuchen.
- **18.12.01 Anhörung des Bundestags zur Mobilität.**
- **29.01.02 Das KWK-Gesetz ist da !!**
- **27.02.02 Deutsche Wasserstoff-Konferenz geplant !**
- **27.02.02 Japan** eröffnet erneut Wasserstoff-Tankstellen.

- **27.02.02 Projekt für 27 Busse.**
- **27.02.02 Feldversuch mit kleinen Festoxid-Zellen.**
- **27.02.02 Tragbarer Generator** als Serienprodukt.
- **01.03.02 Mecklenburg-Vorpommern** gründet Wasserstoff-Initiative.
- **05.05.02 BMW** reist wieder !!
- **05.05.02 Nächstes Jahr fahren die ersten Wasserstoff-Autos auf Japans Straßen !!**
- **05.05.02 Brennstoffzelle auf Heizöl-Basis.**
- **05.05.02 Die Grünen und der solare Wasserstoff.**
- **08.05.02 Hessen** gründet Wasserstoff-Initiative.
- **15.05.02 Rheinland-Pfalz:** Start für Kompetenznetzwerk zu Brennstoffzelle und Wassertstoff.
- **28.06.02 Wirtschaft und Bundesregierung** gründen Berliner Partnerschaft für saubere Energie.
- **28.06.02 Effiziente Wasserstoff-Verflüssigung.**
- **28.06.02 Wasserstoff aus Biomasse** als Kraftstoff wird steuerfrei !
- **28.08.02 Toyota und Honda** geben noch dieses Jahr Wasserstoff-Autos an Kunden !!
- **28.08.02** Die erste **Wasserstoff-Lok.**
- **28.08.02 Zentrum zur Weiterbildung an Brennstoffzellen in Ulm.**
- **09.09.02 General Motors** profitiert von Brennstoffzellen-Autos: Bloomberg Studie sieht gute Chancen für GM bei einer Einführung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen !
- **13.09.02** Neuer **Ford Focus Brennstoffzelle:** Focus mit Brennstoffzellen-Hybridantrieb auf Test-Tour in Europa !
- **20.09.02 Wasserstoff auf höchstem Niveau:** Europäische Kommission setzt hochrangige Gruppe zu Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien ein !
- **27.09.02 "The Fuel Cell Path":** 26 führende Firmen übergeben Strategie-Bericht zur Markteinführung von Brennstoffzellen an US-Regierung !
- **05.10.02 Michelin Challenge Bibendum beendet:** 70 Fahrzeuge mit alternativen Antrieben kommen in Paris an.
- **07.10.02 Roadmap für den Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland !!**
- **08.10.02 DWV startet Projekt zur Infrastruktur im Verkehr: Treibstoff Wasserstoff geplant.**
- **15.10.02 60 Mercedes Benz A-Klasse mit Brennstoffzelle für 2003:** Neben 30 Bussen wird Daimler-Chrysler im nächsten Jahr auch eine PKW-Flotte testen !
- **18.10.02 Wasserstoff und Brennstoffzellen im Koalitionsvertrag:** Nachhaltigkeit als Präambel im Koalitionsvertrag Rot-Grün.
- **25.12.02** Auch **Berlin** hat jetzt eine **Wasserstofftankstelle.**
- **28.10.02 Große Resonanz bei Workshop zu EU Förderanträgen:** HyNet Koordinatoren-workshop zu Förderanträgen im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle !
- **28.10.02 Michigan** und die **Wirtschaftsregion Stuttgart** schließen Partnerschaft: Ziel ist die Entwicklung erneuerbarer Energie-Technologien zu beschleunigen !
- **28.10.02** Erste **Wasserstoff-Tankstelle in Berlin:** Auch die Hauptstadt hat jetzt ihre erste Wasserstoff-Tankstelle !
- **31.10.02 Opel/GM Well-to-Wheel Studie jetzt verfügbar:** 88 Treibstoffpfade, 14 Kraftstoffe und 22 Antriebskonzepte für Europa untersucht.
- **31.10.02 Honda und Plug Power testen !**
- **31.10.02 Toyota-Hino Brennstoffzellen-Bus Generation 2** in Tokio gezeigt: Praxistest erfolgt im Linienbetrieb !
- **01.11.02 Wasserstoff-Expo in Hamburg.**
- **01.11.02** Neue **Wasserstoff-Tankstelle in Berlin.**
- **01.11.02 Island macht Strom aus Wasser.**
- **01.11.02 Wasserstoff** bekommt mehr Gewicht in **Brüssel.**
- **08.11.02 "Thunderpower" - Erster Brennstoffzellen-Bus für Kalifornien:** Linieneinsatz in Palm Springs für 2003 angekündigt !

- **11.11.02 Wasserstoff-Tankstelle in Madrid:** Tankstelle für die Projekte Cute und CityCell
- **14.11.02 Plug Power übernimmt H Power:** Für 50 Millionen Dollar will Plug Power H Power übernehmen !
- **14.11.02 Neue Wasserstoff Roadmap** für die **USA:** Spencer Abraham präsentiert eine aktuelle Version der US-Einführungsstrategie für den Wasserstoff !
- **25.11.02 Wasserstoff-Tankstelle** in **Las Vegas** eröffnet: Geliefert werden Wasserstoff, Hythane und Strom !
- **02.12.02 Die ersten kommerziellen Brennstoffzellen-Autos wurden heute ausgeliefert:** Toyota und Honda übergeben die ersten Fahrzeuge in Leasingverträge !
- **06.12.02 Opel präsentiert HydroGen 3:** Doppelpremiere in Monaco !
- **13.12.02 John Deere und Hydrogenics** bauen Nutzfahrzeuge: Demonstrationsaktivitäten für Frühling 2003 angekündigt !
- **13.12.02 Vision 21 Projektbudget wächst um 16 Millionen Dollar:** Fuel Cell Energy erhält weitere 8 Millionen Dollar !
- **13.12.02 Mobile Tankstelle von Air Produkts:** Wasserstoff-Tankstelle im Anhänger !
- **13.12.02 Nissan** präsentiert seriennahes Brennstoffzellen-Fahrzeug: Das Leasing beginnt 2003 !
- **20.12.02 Erste Wasserstoff-Messe in Italien.**
- **20.12.02 Ford** plant nachhaltige Mobilität ... : ... während Toyota 2012 den Verkauf von Benzinfahrzeugen einstellen will !
- **20.12.02 General Motors und Federal Express testen in Japan:** Opel HydroGen 3 als Lieferfahrzeug in Japan !
- **10.01.03 Stuart Energy übernimmt Vandenborre Hydrogen Systems:** Strategische Übernahme auch bei Elektrolyseuren !
- **10.01.03 Hydrogenics übernimmt Grenlight Power ... :** ... und übernimmt gleichzeitig die Marktführerschaft bei Testsystemen für Brennstoffzellen !
- **10.01.03 Wasserstoff-Inseln:** Wird die erste Wasserstoff-Wirtschaft in Japan realisiert ?
- **10.01.03 Toyota präsentiert "Fine S":** Neues Brennstoffzellen-Fahrzeug auf der Detroit Motor Show !
- **20.01.03 Daihatsu erhält Zulassung:** Daihatsu Brennstoffzellen-Fahrzeug darf auf Japans Straßen !
- **20.01.03 250 kW Brennstoffzellen-Lokomotive:** Die "New York City Transit Autority" beauftragt die Umrüstung einer Diesellok !
- **20.01.03 UL-Zertifizierung für Coleman:** Brennstoffzellensystem passiert US-Sicherheits-richtlinien !
- **24.01.03 Brennstoffzellen-Autos aus Shanghai:** Regierung erkärt die Brennstoffzellen-Entwicklung zu einem nationalen Schlüsselprojekt !
- **24.01.03 US Armee** prüft den Einsatz von Brennstoffzellen: Testfahrzeug von General Motors vorgestellt !
- **03.01.03 Bush will Freedom Fuel:** Das geforderte Budget beträgt 1,2 Milliarden US-Dollar !
- **07.02.03 Nissan und UTC** verfestigen Zusammenarbeit: Gemeinsam zur perfekten Brennstoffzelle !
- **04.03.03** Neue Wasserstoff-Busse für den **Flughafen München.**
- **04.03.03 Motorroller und Wasserstoff und TÜV-Segen.**
- **04.03.03 Neuer Teststand für Wasserstoffantriebe.**
- **04.03.03** Kleinzelle mit 50 Watt aus **NRW.**
- **04.03.03 Bush kündigt verstärkte Förderung der Wasserstoff-Autos an.**
- **24.03.03 Wasserstoff und Brennstoffzellen sind krisenfest:** Gemeinschaftsstand auf der Hannover Messe behauptet sich.
- **02.04.03 Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative in Hessen.**
- **06.05.03 Islands erste Wasserstoff-Tankstelle.**
- **06.05.03 Brennstoffzellen für portable Elektronik.**

- **06.05.03 Kanada** will Spitzenposition behaupten.
- **06.06.03 Wasserstoff-Infrastruktur ist, was jetzt drängt:** Mitgliederversammlung des DWV.
- **20.06.03 Wasserstoff-Energie ist eine globale Aufgabe:** Neuer Vorstand des europäischen Wasserstoff-Verbandes.
- **08.07.03** High-Level-Group der **EU drängt zu Wasserstoff.**
- **22.07.03 Hervorragende Forschungsarbeiten zum Thema Wasserstoff gesucht.** DWV stiftet Preis für junge Wissenschaftler.
- **22.08.03 Roudmap für Indien.**
- **26.08.03 General Motors** zeigt Autos von morgen und übermorgen.
- **26.08.03 Weiterbildungszentrum für Brennstoffzellen in Ulm bekommt eigenes Haus.**
- **26.08.03 Zusammenarbeit RWE/MTU** bei Schmelzkarbonat-Zelle.
- **29.08.03** Das neue Wasserstoff-Portal **www.H2messe.de** geht am 01.09.03 online.
- **05.09.03** Technologieführer **Smart Fuel Cell AG** präsentiert marktreife Produkte.
- **15.09.03 HH2-Hamburg kommt an mit Wasserstoff:** Ab dem 16.09.03 fahren in Hamburg die ersten wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenbusse.
- **17.09.03 Gaz de France** testet 5 stationäre Brennstoffzellen im Alltagsbetrieb.
- **14.10.03 Die dritte internetionale Fachmesse für Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien H2Expo2003 schließt mit einer positiven Bilanz:** Mehr als 2500 Experten und Endverbraucher trafen sich zum Austausch über innovative Technologien und Anwendungen.
- **28.10.03 Wasserstoff-Tankstellen in Hamburg, Luxemburg und Malmö.**
- **28.10.03** Wasserstoff-Messe in **Hamburg.**
- **28.10.03 Island und die Wasserstoff-Infrastruktur.**
- **28.10.03 Wasserstoff: Großbritannien** startet durch.
- **28.10.03 Wasserstoff: Europäische Kommission** schafft Plattform.
- **04.11.03 37. Tokio Motor Show präsentiert Wasserstoff-Autos:** Suzuki und General Motors stellen Stadtauto mit Brennstoffzellenantrieb vor.
- **05.11.03 Mazda stellt wasserstoffbetriebenen Wankelmotor auf der Tokyo-Motor-Show vor.**
- **12.11.03 Utsira wird Windenergie- und Wasserstoff-Insel:** Forschungsprojekt von Norsk Hydro und Enercon zur autarken Energieversorgung der norwegischen Insel.
- **13.11.03 Das Fundament muss stimmen:** Der Deutsche Wasserstoff Verband zur Washingtoner Konferenz über eine internationale Partnerschaft zur Wasserstoff-wirtschaft.
- **20.11.03 Erste GL-zertifizierte Brennstoffzellen-Yacht:** MTU Friedrichshafen stellt Yacht "Nr.1" Ende Oktober vor !!
- **20.11.03 Milliarden-Investitionen der "Europäischen Wachstumsinitiative" auch für Wasserstoff:** Quickstartprogramm mit 62 Milliarden Euro für Verkehrs-, Forschungs- und Energieprojekte.
- **27.11.03 CEP baut öffentliche Wasserstofftankstelle in Berlin:** Testflotte von 16 PKW soll hier ab Ende 2004 betankt werden.
- **27.11.03 Linde entwickelt Verdichter für Wasserstoff-Verbrennungsmotoren:** Optimierte Motorleistung und verbesserte Langzeitspeicherung von tiefkalt verflüssigtem Wasserstoff durch das Hydrogen Fuel Injection System.
- **12.12.03 General Motors und Opel führen Forum zu nachhaltiger Mobilität im EU-Parlament durch:** Opel: Bis 2010 sollen Brennstoffzellen-Fahrzeuge wettbwerbsfähig sein !!!
- **17.12.03 Weltneuheit in Bad Berka:** Brennstoffzelle versorgt Zentralklinik mit Strom, Wärme und Kälte.

- **17.12.03 Neue Wasserstoff-Generatoren: Serie von Proton Energy Systems:** Vertrieb der "Hogen H-Serie" in Europa durch Diamont Lite SA.
- **06.01.04 European Portable Fuel Cell Study: Brennstoffzellen-Notstromaggregate werden als erstes den Durchbruch in den Markt schaffen:** Marktreife ab 2006 erwartet.
- **20.01.04 San Antonio: Texas: USA:** Erstes Brennstoffzellen-Demonstrations-Schiff mit Propan-Brennstoff für die Öffentlichkeit
- **22.01.04 Millennium Cell und PSA Peugeot Citroen** arbeiten eng zusammen: Brennstoffzellen-Fahrzeuge
- **26.01.04 Fujitsu:** Neue Brennstoffzellen-Technologie: Mikro-Brennstoffzelle mit sehr hoher Kapazität mit Methanol-Brennstoff
- **29.01.04 Vaillant und Plug Power:** Start des europäischen Feldtest: Virtuelles Kraftwerk
- **30.01.04 Nippon** präsentiert 10 kW PEM-Brennstoffzelle mit Kerosin-Brennstoff
- **02.02.04 Italiens erstes Brennstoffzellen-U-Boot:** Fincantieri, Howaldswerke Deutsche Werft und Siemens sind an der Entwicklung beteiligt.
- **05.02.04 IdaTech und RWE Fuel Cells:** portables Brennstoffzellen-Heizgerät mit Methanol-Brennstoff-Speicher.
- **05.02.04 Hydrogenics** liefert HyPM Brennstoffzelle-Einheit nach **Japan.**
- **06..02.04 Medis Technologies Ltd.** kündigt neue portable Brennstoffzellen-Produkte an: Energie-Module.
- **12.02.04 MesoFuel Inc. Und Vehicle Projekts LLC Denver:** Planung und Bau eines Brennstoffzellen-Generator für den Brennstoffzellen-Antrieb von Lokomotiven beschlossen.
- **12.02.04 Hyundai:** Präsentation der neuen Brennstoffzellen-Auto-Generation
- **15.03.04 Brennstoffzellen in der Landwirtschaft** wesentlich früher marktreif als im Automobilbereich: Brennstoffzellen-Traktor von John Deere.
- **15.03.04 HDW Fuel Cell Systems** will Brennstoffzellen für Bordstromversorgung von Schiffen produzieren: Der Prototyp soll vermietet werden.
- **17.03.04 Rietschle Thomas Puchheim GmbH** entwickelt und produziert Pumpen und Kompressoren für Brennstoffzellen.
- **23.04.04 Audi** präsentiert Brennstoffzellen-Auto, **Mitsubishi** entwickelt Hochdruck-PEM-Elektrolyseure**, Brennstoffzellen-Kommerzialisierung in Japan** beginnt am 01.04.2005, **Honda** startet FCX-Test in Süd-Japan
- **05.05.04 Opel** startet Wasserstoff-Marathon quer durch Europa
  Wasserstoff - eine Einführung: Informationen des DWV Deutschen Wasserstoff Verband
- **07.05.04 Europa auf dem Weg zur Infrastruktur für Wasserstoff und Brennstoffzellen**
- **03.06.04 Wasserstoff in Europa auf Erfolgskurs**
- **23.07.04 DaimlerChrysler** und **Ford** kaufen Ballard Power Systems AG
- **23.07.04** Info-Börse zu **Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Projekten** der **EU**
- **18.08.04 Renault** übernimmt 10% von **Nuvera** für Zusammenarbeit bei Benzinreformierung für Brennstoffzellenautos
- **27.09.04** Start der Citaro Brennstoffzellenbusse in **Perth, Western Australia**
- **27.09.04 Utsira Wasserstoff-Hybrid-System** eingeweiht
- **27.09.04 Italien: Wasserstoffanlagen zugelassen** für grüne Zertifikate
- **27.09.04 Honda** präsentiert Brennstoffzellen-Roller
- **03.12.04 Ford** stellt neuen Brennstoffzellen-Fokus fertig
- **03.12.04 Österreichische Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative gestartet**
- **03.12.04 GM** und **Dow** gehen in die zweite Runde des größten Brennstoffzellen-Programmes im Industriebereich
- **03.12.04 Weltweit größte Wasserstoff-Tankstelle in Berlin eröffnet**
- **21.12.04 Japan** setzt auf Brennstoffzellen-BHKW´s für die Hausenergieversorgung

- **21.12.04 Brennstoffzellen-Bündnis Deutschland** ruft Politik auf, Strategie zur Markteinführung umzusetzen
- **21.12.04 Bundesregierung stellt Kraftstoff-Strategie vor**
- **03.01.05 Fiat:** Panda Hydrogen mit Brennstoffzelle
- **25.01.05 Landesinitiative Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnik in Hamburg ist gestartet**
- **31.01.05 Masterflex AG** und **Hawk Bikes** entwickeln Fahrrad mit Brennstoffzellen-Antrieb
- **31.01.05 European Hydrogen Association (EHA)** öffnet sich der Wirtschaft
- **11.02.05 InfraServ & OperaThing** gründen Interessengemeinschaft **Wasserstoff IG H2** in **Köln Hürth**
- **01.03.05 IdaTech** kommt nach Europa - neues Büro in **Herten**
- **31.03.05 Nuvera** startet Verkauf des neuen Brennstoffzellen-Systems
- **05.04.05 HydroGen 3 gewinnt Ralley Monte Carlo in der Brennstoffzellen-Klasse**
- **05.04.05 USA: Vier große Wasserstoff-/Brennstoffzellen-Projekte vereinbart**
- **05.04.05 Honda plant Brennstoffzellen-Fahrzeuge an Privat-Kunden zu verleasen**

05.04.05 Nissan stellt einen eigenen Brennstoffzellen-Stack sowie Wasserstoff-Hochdruckspeicherung vor

- **14.04.05 BMW** hält an Termin für **Serienfertigung von Wasserstoffautos fest: 2008**
- **03.05.05 Audi** präsentiert A2 Hybrid mit Brennstoffzelle
- **11.05.05 Mineralölkonzern TOTAL tritt Clean Energy Partnership (CEP) bei**
- **17.05.05 Masterflex** stellt Weiterentwicklung des Brennstoffzellenfahrrades vor: **Demoflotte für 2005 geplant**
- **17.05.05 Norwegen:** Wasserstoff betriebener Sprinter für Flotteneinsatz
- **17.05.05 Brennstoffzellenansiedlungen in NRW: Herten: IdaTech (USA), Hydrogenics Europe Group (Kanada), Proton Motors Fuel Cells**
- **19.05.05 Engere Zusammenarbeit zwischen GM und Toyota**
- **25.05.05 Wasserstoffmeile von München bis Italien geplant**
- **09.06.05 Linde** wächst - Reitzle setzt auf Wasserstoff
- **14.06.05** Neu gegründete **Staxera GmbH** baut SOFC Brennstoffzellen für Autos
- **01.07.05 Solartankstelle in Niedersachsen produziert Wasserstoff**
- **06.07.05 EnBW** und efc testet Niedertemperatur Brennstoffzelle in Einfamilienhäusern
- **02.08.05 DaimlerChrysler** liefert Brennstoffzellen-Busse nach **Peking**
- **03.08.05 Durchbruch bei der Speicherung von Wasserstoff in Nanoröhrchen**
- **03.08.05 BP** will Wasserstoff aus Erdgas industriell produzieren !
- **11.08.05 Österreich -** Wasserstoff-Center für die TU Graz
- **15.08.05 Forschungszentrum Jülich** baut Flugzeugreformer für Kerosin
- **24.08.05** Havard-Forscher betreiben Niedrigtemperatur **Brennstoffzelle mit Kohlepulver**
- **29.08.05 Sulzer** kappt Unterstützung für Hexis Brennstoffzelle
- **02.09.05 DaimlerChrysler und Ford gründen NuCellSys** als Nachfolger von Ballard Power System
- **06.09.05 Wasserstoff aus Algen,** Bielefelder Forscher arbeiten an Bioreaktor

18.09.05 IdaTech: globaler Entwickler und Hersteller von Brennstoffzellenlösungen, gab die Markteinführung einer Suite von zielgerichteten Backup-Power-Brennstoffzellen-produkte bekannt.

20.09.05 3M: eine in all ihren Einzelteilen verbesserte Membran-Elektroden-Einheit (MEA - Membrane Electrode Assembly) für die Brennstoffzelle präsentiert das Multi-Technologie-Unternehmen .

26.09.05 Fraunhofer: Mini-Brennstoffzellen verbessern die Energieversorgung – große Leistung, nur wenige Kubikzentimeter groß mit einer deutlich höhere Energiedichte als Batterien

05.10.05 Neuer Auftrieb für Wasserstoffspeicher

05.10.05 **Eine Million Kilometer-Marke:** 33 **Mercedes-Benz Citaro-Busse** haben zusammen eine Laufleistung von rund 70.000 Betriebsstunden im Rahmen des von der EU geförderten **CUTE-Brennstoffzellen-Busprojekts**.

20.10.05 **HyFish:** umweltfreundlicher Flugzeugantrieb: Das **Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)** wird den Flieger zukünftig mit einer Brennstoffzelle antreiben.

28.10.05 **Canon** verpasst seinen Produkten Brennstoffzellen.

18.11.05 **Honda** stellt dritte Generation des Prototyps der Wasserstofftankstelle für zuhause vor

18.11.05 **Hydrogenics Enkat GmbH** entwickelt Kleinbusse mit Brennstoffzellen für WM 2006

23.11.05 **DaimlerChrysler AG** übergibt **Mercedes-Benz Citaro Brennstoffzellen-Busse** in Peking

24.11.05 Die im SDAX notierte **Masterflex AG**, Technologieführer in der Verarbeitung von Spezialkunststoffen, liefert die **weltweit erste Fahrradflotte mit Brennstoff-zellenantrieb** an die nordrhein-westfälische **Stadt Herten**.

28.11.05 **Siemens** erhaelt Auftrag fuer **SOFC-Brennstoffzellenanlage** mit einer Leistung von **125 kW** fuer Kraft-Waermekopplung wird im Herbst 2007 an den Kunden geliefert.

- **01.12.05** **Vaillant:** 1.000.000 kWh mit Brennstoffzellen-Heizgeräten
- **08.12.05** **Zebotec:** das erste Elektro-Mietboot mit einer Brennstoffzelle als Hauptantrieb in Konstanz erfolgreich getestet
- **09.12.05** **Kompetenz-Atlas Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnik NRW** erschienen
- **13.12.05** **Hyundai** ist **erstmals Aussteller** im Rahmen des Gemeinschaftsstands Wasserstoff + Brennstoffzelle auf der HANNOVER MESSE 2006
- **15.12.05** **Vaillant:** Ziele des zweiten Feldtests erreicht, 2007 Serienreife für Zeolith-Heizgerät
- **19.12.05** **Fraunhofer ISI**: Handwerk muss sich frühzeitig mit der Brennstoffzellentechnologie befassen, andernfalls droht der Verlust von Arbeitsplätzen.
- **21.12.05** **Flugerlaubnis für Methanol in Sicht**
- **21.12.05** **Canon** entwickelt **Brennstoffzellen für portable Anwendungen**
- **21.12.05** **Materiallogistik** mit Brennstoffzellentechnik von **Still, Toyota** und **A.Flensburg**
- **21.12.05** **Indien** eröffnet **erste Erdgas-Wasserstoff-Tankstelle**
- **21.12.05** **China: SAIC** stellt **Pläne für Brennstoffzellen-Autos** vor
- **21.12.05** Komplett-Paket für japanische Häuslebauer: **Sekisui/Tokyo Gas** verkaufen **Fertighäuser mit stationärer Brennstoffzelle**
- **21.12.05** **USA:** der erste **Brennstoffzellen-Morgan**
- **21.12.05** **De Nora** hat ihr Brennstoffzellengeschäft **E-TEK in die PEMEAS eingebracht** und im Gegenzug Anteile an dem vergrößerten Unternehmen erhalten.
- **29.12.05** **Sulzer Hexis: Schweizer Investor gefunden:** Das Brennstoffzellengeschäft von Sulzer Hexis wird in Zukunft durch eine Stiftung fortgeführt, ist in der Schweiz ansässig, ab dem 1. Januar 2006 Übernahme der Aktien zu 100%.

- **13.01.06** **efc european fuel cell gmbh** nimmt mit **EnBW** erstes Brennstoffzellen-Heizgerät in Deutschland in Betrieb.
- **19.01.06** **Honda:** Ankündigung während der Detroiter Auto Show: bereits in drei oder vier Jahren Produktion-Beginn in Japan mit der neuen Generation des Brennstoffzellen-fahrzeugs FCX.
- **01.02.06** **HyChain Project: 150 Brennstoffzellen-Fahrzeuge** werden getestet in vier europäischen Regionen: **Region Emscher-Lippe** (NRW / Deutschland), **Grenoble Alpes Métropole** (Rhône-Alpes / Frankreich), **Soria und León** (Castilla y León / Spanien), **Modena** (Emilia Romagna / Italien): **HYCHAIN-MINITRANS Projekt.**
  Die Leit-Kommunen in NRW sind **Herten** und **Marl**.

Auszug aus 3.1.5 "Wasserstoff: Anwendungen" :

Betankungsinfrastruktur für Wasserstoff:
Druckwasserstoff (CGH_2) und Flüssigwasserstoff (LH_2) werden vergleichbar gehandhabt und betankt wie Druckerdgas (CNG) und Flüssigerdgas (LNG).
Methanol z.B. kann ähnlich wie Benzin bereitgestellt werden.
Im Vergleich zum Erdgas handelt es sich bei Wasserstoff und Methanol, wie bei Benzin und Diesel, um Sekundärenergieträger, welche erst aus Primärenergien gewonnen werden müssen.
Druckwasserstoff (CGH_2) wird auf etwa 25 bis 30 MPa verdichtet.
Flüssigwasserstoff (LH_2) wird bei -253°C verflüssigt.

Ermittlungen der Hamburger Elektrizitäts Werke (HEW):
Mit dem aus primärer und sekundärer Kraftwerksregelung gewinnbaren Wasserstoff in der Bundesrepublik Deutschland können 1 Mio. PKW mit Brennstoffzellen-Antrieb betrieben werden, bei folgender Zugrundelegung:
- Verbrauch: 10 l / 100 km
- Fahrleistung: ca. 12.500 km / a

Durch Integration der im Linienverkehr fahrenden Stadtbusse (7.000 Busse in der BRD) ließen sich noch 3/4 Mio. PKW mit Wasserstoff betreiben !
Dies praktisch ohne eine nennenswerte Zunahme der Emissionen bei der Energieerzeugung

Ermittlungen in Bayern:
Ein prinzipielles Potenzial zur Erzeugung von Wasserstoff über die Vergasung von Biomasse beträgt ca. 6 Mrd. Nm^3/a !
Dieses Potenzial an Wasserstoff würde den Betrieb von allen 7.000 in der BRD fahrenden Linienbussen und 1,3 Mio. PKW´s mit Brennstoffzellen-Antrieb erlauben !!

Verstärkt in den letzten Jahren befassen sich verschiedene Firmen mit Brennstoffzellen-Antrieben für Kraftfahrzeuge :
- NuCellSys (ehem. Ballard)
- Daimler-Benz
- Siemens
- MAN
- Neoplan
- Renault
- Peugeot
- Toyota
- Honda
- Nissan
- Mazda
- Chrysler
- Ford
- GM
- BMW
- Volkswagen
- Volvo
- Hyundai

Zu den heute herausragenden Entwicklungen zählen:
- Mercedes Benz: MB 230 mit Metallhydridspeicherung
- BMW: 7er Modell mit Flüssigwasserstoffspeicherung
- Mazda: Wankelmotor mit Metallhydridspeicherung

DaimlerChrysler hat seine Fahrzeuge bereits über mehrere 100.000 km erprobt !!!

Die folgende Leistungs-Übersicht zeigt den Entwicklungsstand:
- Busse mit verbrennungstechnischem Antrieb
- Busse mit Brennstoffzellen-Antrieb
- PKW´s und VAN´s mit verbrennungstechnischem Antrieb
- PKW´s und VAN´s mit Brennstoffzellen-Antrieb

Busse mit verbrennungstechnischem Antrieb:

MAN SL 202: Stadtlinienbus mit 12m Länge:
- 12 l Motor mit 6 Zylindern abgeleitet aus MAN-Erdgasmotor
- Leistung: 140 kW mit Wasserstoff
- Leistung: 170 kW mit Benzinantrieb (für Überführungsfahrten)
- Reichweite mit LH_2 aus drei Linde-Kryotanks mit 570 l Inhalt ca. 200 km
- 92 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 89 km/h
- Emissionen bei Wasserstoff-Betrieb: nochmals deutlich niedriger als bei Erdgas !

MAN NL 202: Stadtlinienbus mit 12m Länge:
- 12 l Motor mit 6 Zylindern abgeleitet aus MAN-Erdgasmotor
- Leistung: 170 kW mit Wasserstoff und Kompressor
- Reichweite mit CGH_2 aus Compositmaterialdrucktanks ca. 150 bis 200 km
- 90 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 85 km/h
- Emissionen bei Wasserstoff-Betrieb: nochmals deutlich niedriger als bei Erdgas !

Hydrogen Siemens / Van Hool A 308: Midi-Niederflurstadtbus mit 9m Länge:
- 7,5 l Motor mit 8 Zylindern abgeleitet aus GM-Benzinmotor
- Leistung: 120 kW mit Wasserstoff
- Reichweite mit LH_2 Kryotank von Messer-Griesheim ca. 300 km
- 58 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 85 km/h
- Emissionen bei Wasserstoff-Betrieb: nochmals deutlich niedriger als bei Erdgas !

Busse mit Brennstoffzellen-Antrieb:

Ballard Power Systems: Niederflurtransitbus auf der Basis des New-Flyer-Modells 40 LF mit 12,2m Länge:
- PEM-Brennstoffzellen-Antrieb von Ballard mit Netto 205 kW_{el}
- CGH_2-Speicherung unter 25 Mpa in Carbonfasercomosittanks
- Reichweite 400 bis 560 km (mit Bremsenergierückgewinnung)
- 75 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 85 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb wegen Nieder-Temperatur-Brennstoffzellen-Technik

H Power Corp / Georgetown University: Midi-Stadtbus mit 9m Länge:
- Hybridantrieb mit NiCd-Batteriespeicher
- PAFC-Brennstoffzellenstack von Fuji Electric mit 55 kW_{el}
- Methanolreformer zur Wasserstoff-Erzeugung aus Methanol

H Power Corp / Singapur Technologies Automotive Ltd.: Transitbus mit 12m Länge:
- Hybridantrieb mit NiCd-Batteriespeicher
- PEM-Brennstoffzellen-Antrieb von H Power mit Netto 100 kW_{el}
- Dieselbetrieb mit partiellem Oxidator (HBT) zur an-Bord-H_2-Erzeugung

Neoplan: Niederflurstadtbus auf der Basis des N 4114 mit 12m Länge:
- PEM-Brennstoffzellen-Antrieb von De Nora mit Netto 50 kW_{el} und Batteriespeicherung
- CGH_2-Speicherung unter 25 Mpa in Carbonfasercomosittanks
- 95 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 85 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb wegen Nieder-Temperatur-Brennstoffzellen-Technik

Niederflur Midi-Bus auf der Basis des N 8008 mit 8m Länge:
- Hybridantriebskonzept - Batteriebus mit Brennstoffzellen-Nachladung
- PEM-Brennstoffzellen-Antrieb von H Power mit Netto 150 kW_{el}
- CGH_2-Speicherung
- 39 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 80 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb wegen Nieder-Temperatur-Brennstoffzellen-Technik

Daimler-Benz: Niederflur-Standard-Linienbus mit 12m Länge:
- PEM-Brennstoffzellen-Antrieb von Ballard/Daimler-Benz mit 8 Stacks von je 30 kW_{el} Bruttoleistung (--> ca. 200 kW_{el} Nettoleistung)
- CGH_2-Speicherung unter 30 Mpa in 13 Aramidfasertanks von je 147 l Volumen
- 95 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 85 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb wegen Nieder-Temperatur-Brennstoffzellen-Technik

MAN / Siemens: Niederflur-Standard-Linienbus mit 12m Länge:
- PEM-Brennstoffzellen-Antrieb von Siemens mit Netto 120 kW_{el}
- CGH_2-Speicherung unter 25 Mpa in 12 Carbonfasercompositttanks von je 158 l Volumen
- Reichweite ca. 300 km
- 95 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit je nach Übersetzung der Hinterachse bis 85 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb wegen Nieder-Temperatur-Brennstoffzellen-Technik

PKW´s und VAN´s mit verbrennungsmotorischem Antrieb:

LH_2-BMW: BMW-Limousine 735:
- 3,5 Liter Motor mit 6 Zylindern abgeleitet aus BMW-Benzinmotor
- Leistung ca. 90 kW mit Wasserstoff
- Leistung ca. 110 kW mit Benzinantrieb
- Reichweite mit LH_2 aus einem Kryotank mit 130 l Inhalt ca. 300 bis 400 km
- 5 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit ca. 170 km/h
- Emissionen bei Wasserstoff-Betrieb: nochmals deutlich niedriger als bei Erdgas !

MB-Sprinter: Lieferfahrzeug mit ca. 3,5 t:
- Umrüstung des 4_zylinder-Motor für monovalenten Betrieb durch HCI aus den USA
- Umrüstung der Motoren und Abnahme durch den TÜV Bayern Sachsen
- Leistung ca. 90 kW mit Wasserstoff
- Reichweite mit CGH_2-Tanks ca. 100 km
- Emissionen bei Wasserstoff-Betrieb: nochmals deutlich niedriger als bei Erdgas !

PKW´s und VAN´s mit Brennstoffzellen-Antrieb:

Daimler-Benz Necar II: Mini-Van mit ca. 2,5 t Betriebsgewicht:
- PEM-Brennstoffzellen-System mit 2 Hochleistungsstacks von zusammen 50 kW_{el}
- Elektrischer Drehstromasynchron-Antrieb von 33 kW_{el} über 2-Gang Automatikgetriebe
- Speicherung des Wasserstoff in 2 kohlefaserverstärkten Drucktanks von je 140 l Volumen
- Reichweite ca. 250 km
- 6 bis 7 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit ca. 110 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb

Mercedes-Benz A-Modell:
- PEM-Brennstoffzellen-System mit 2 Hochleistungsstacks von zusammen 50 kW_{el}
- Speicherung des Wasserstoff in Form von Methanol
- Kompakter Methanolreformer zur an-Bord-Wasserstoff-Erzeugung
- Reichweite ca. 500 km
- 4 bis 5 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit ca. 110 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb

Renault Laguna Break: Mittelklasse-Kombi
- PEM-Brennstoffzellen-System mit 3 Stacks von De Nora von zusammen 30 kW_{el}
- Batterie zur Spitzenlastabdeckung (Beschleunigung, Bergfahrt)
- Elektroantrieb von Ansaldo
- Flüssig-Wasserstoff-Speicherung von Air Liquide
- 2 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit ca. 120 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb

Peugeot-Van: Peugeot 806 von ca. 2 t Gewicht:
- PEM-Brennstoffzellen-System mit 3 Stacks von De Nora von zusammen 30 kW_{el}
- Batterie zur Spitzenlastabdeckung (Beschleunigung, Bergfahrt)
- Elektroantrieb von Ansaldo
- Hochdruck-Wasserstoff-Speicherung (70 Mpa) in Compositmaterialtanks
- 5 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit ca. 100 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb

Toyota RAV4L V: Fun Vehicle:
- PEM-Brennstoffzellen-System von 20 kW_{el}
- Frontantrieb über synchronen permanentmagneterregten Elektromotor von 45 kW_{el}
- Speicherung von 2 kg Wasserstoff in Metallhydridspeicher
- Reichweite ca. 250 km
- 5 Personen Fahrgastkapazität
- Höchstgeschwindigkeit ca. 100 km/h
- Null-Emissionen im Fahrbetrieb

An Prototyp-Fahrzeugen mit PEM-Brennstoffzelle (50 kW_{el}) arbeiten:
- **Chrysler:** mit Allied Signal
- **Ford:** mit International Fuel Cells und Mechanical Technologie
- **General Motors:** mit Ballard

Weltweit gibt es erste Überlegungen, Straßenbahnen und Stadtbahnen mit Brennstoffzellen-Antrieben ohne Emissionen und ohne Oberleitungen zu betreiben.
Die meisten Brennstoffzellen-Systeme für den Einsatz in Bussen und Nutzfahrzeugen werden bis 2005 serienreif sein !
Ob das Ziel Serienreife für PKW´s in den kommenden 5 Jahren möglich wird ist unsicher.
Durchsetzen wird sich der kommerzielle Brennstoffzellen-Antrieb innerhalb der kommenden 10 Jahre !

4.3.3 Anwendung: portabel

Der enorme Vorteil von portablen Geräten ist sowohl in ständig wechselnden Anwendungsgebieten, als auch in der Elektronik bekannt.
Das Marktpotenzial von Brennstoffzellen in portablen Anwendungen ...

- Elektronik:	- Laptops - Handys etc.	**... hängt vor allem davon ab, ob es der Industrie gelingt, kostengünstige Module herzustellen !**	
- Geräte:	- Rasenmäher - Akku-Schrauber etc.		
- Spielzeug:	- Elektr. Eisenbahn - Ferngest. Modellbau etc.	**Zumindest muß der Anschaffungspreis der Geräte mit Brennstoffzellen-Modul gleich sein mit dem Anschaffungspreis der aktuellen Geräte !**	
- Spannungs-versorgung:	- USV-Anlagen - Notstrom-Aggregate etc.		
- Arbeitsgerät:	- Kompressoren - Heizgeräte etc.	**Der kostengünstige Betrieb der Brennstoffzellen-Module auf Grund der 3-fachen Betriebsdauer gegenüber dem Akku-Betrieb wird sich sehr schnell durchsetzen.**	
- Nischen-Spaten	- Fahrräder Kurier-Transport etc.		
- etc.			

Entscheidend für den Durchbruch neuer Technologien war in der Vergangenheit die Akzeptanz der potenziellen Märkte !
Heute setzt sich Qualität durch, vorausgesetzt der Preis ist im Verhältnis günstig !
Der Markteintritt für Handys und Notebooks wird erwartet durch:
- Masterflex (Deutschland)
- Medis Technologies (Israel)
- Toshiba (Japan)

4.3.4 Aktuelle marktnahe Entwicklungen

Im Fokus: Stationäre Anwendungen

- **Das Beispiel: Brennstoffzellenheizgerät von Vaillant:**
  - **Das bereits erreichte Ziel:**
    - Volumen- und Gewichtreduzierung
    - Vereinfachung der System-Komplexität
    - Start des europaweiten Feldtest, 50 Geräte werden als "Virtuelles Kraftwerk" vernetzt
  - **Das System:**
    - Niederdruck-PEM-System
    - kumulierte Betriebserfahrung: 300.000 Betriebsstunden unter wirklichkeitsnahen Verbrauchssituationen
      - Labor: Plug Power: USA (Latham, N.Y.)
      - Labor: Vaillant: Deutschland (Remscheid)
  - **Die Spezifika:**
    - Das Brennstoffzellen-Heizgerät (BZH) ist konzipiert für:
      - mittlere und größere Mehrfamilienhäuser
      - Gewerbebetriebe
    - elektrische Leistung: 1 bis 4,6 kW_{el} netzparallel
    - thermische Leistung: 1,5 bis 7 kW_{th} plus ca. 25 bis 50 kW_{th}
    - elektrischer Netz-Wirkungsgrad > 35%
    - Gesamtwirkungsgrad > 80%
    - Brennstoff: Erdgas
    - System-Lebensdauer:
      - 15 Jahre
      - 80.000 Betriebsstunden
    - Kontroll-Intervalle:
      - Wartung: alle 2 Jahre
      - Inspektion: jedes Jahr
    - Vorlauftemperatur: 70°C
    - Rücklauftemperatur: 55°C max.
  - **Das Entwicklungs-Potenzial:**
    - Die Schlüsseltechnologie Brennstoffzellenheizgerät verbindet die eindeutig ökologischen Vorteile mit einer neuen ökonomischen Chance.

- Das Beispiel: Brennstoffzellen-BHKW von ONSI Corporation

- Betreiber des Brennstoffzellen-BHKW:

- **GEW Köln AG**
  - **Klärwerk Köln Rodenkirchen**
  - **Klärgasreinigung**
    - **Anlagenhersteller zur Gasreinigung**
      - **Firma Siloxa Engineering AG Deutschland**

- **Das bereits erreichte Ziel:**
  - Effektive Bereitstellung eines erneuerbaren Energieträger
  - Sehr hoher Gesamtwirkungsgrad
  - Die Anlage ist der Anstoß zur Entwicklung einer Serienreife
    - Folgeanlage in Kooperation:
      - Wupperverband:
        - Klärwerk Kohlfurth
      - Fraunhofer-Institut UMSICHT

- **Das System:**
  - PAFC
  - Typ:
    - PC25C
  - Brennstoff:
    - Klärgas

- **Die Spezifika:**
  - Das Brennstoffzellen-BHKW (BZB) ist konzipiert für:
    - industrielle Energiegewinnung
    - dezentrale Energieversorgung
  - Elektrische Leistung: 200 kW
  - Elektrischer Wirkungsgrad: 40 %
  - Thermische Leistung: 205 kW
  - Thermischer Wirkungsgrad: 45 % (max.)
  - Vorlauftemperatur: 60 °C
  - Rücklauftemperatur: 40 °C
  - Maße:
    - Länge: 5,5 m
    - Breite: 3,0 m
    - Höhe: 3,0 m
  - Gewicht: 18 t

- **Das Entwicklungs-Potenzial:**
  - Die Schlüsseltechnologie Brennstoffzellenheizgerät verbindet die eindeutig ökologischen Vorteile mit einer neuen ökonomischen Chance.

Im Fokus: Portable Anwendungen

- Das Beispiel: Brennstoffzellenheizgerät von IdaTech:

- **Das bereits erreichte Ziel:**
  - Gleichstrom-Wechselstrom-Umschaltung, ideale Lösung für Reservestrom-, Notstrom- und Zusatzstrom-Anwendungen
  - Autarker Einsatz mit eingebautem Brennstoff-Aufbereitungsmodul und integriertem Methanol-Tank
  - Automatische Leistungsanpassung an Bedarfsveränderungen
  - Geringe Emissionen: Einhaltung der Grenzwerte für Innenräume

- **Das System:**
  - PEM-System: das FCS 1200TM ist ein autarkes Brennstoffzellen-System das mit Methanol arbeitet.
  - Datenfernübertragung über Satellit
    - Fernzugriff: Überwachung und Steuerung des System über Distanzen
  - Fertigung:
    - IdaTech, Bend, Oregon, USA

- **Die Spezifika:**
  - Elektrische Leistung: ca. 1 kW
  - Brennstoff: Methanol / entionisierte Wassermischung
  - Brennstoffvorrat: 11,2 Liter
  - Verbrauch Brennstoffgemisch:
    - bei 1 kW: 1,4 Liter / Stunde
    - stand by: 0,2 Liter / Stunde
  - Temperatur-Werte:
    - Betriebstemperatur: 3 - 30°C
    - Ablufttemperatur: < 50°C
  - Geräuschpegel:
    - bei einem Abstand von 1 Meter: < 55 dB
  - Gewicht (zubehörigkeitsabhängig): 77 bis 84 kg
  - Maße:
    - Länge: 74 cm
    - Breite: 69 cm
    - Höhe: 64 cm

- **Das Entwicklungs-Potenzial:**
  - Die Schlüsseltechnologie Brennstoffzellenheizgerät verbindet die eindeutig ökologischen Vorteile mit einer neuen ökonomischen Chance.
  - Kleine, kompakte Lösung für die "Insel-Versorgung".
  - Der Brennstoff Methanol wird erst bei 65°C gasförmig und lässt sich wie Benzin in einem Vorrat-Tank mitführen.

Im Fokus: Mobile Anwendungen

- Das Beispiel: Brennstoffzellen-Auto von DaimlerChrysler:

- **Das bereits erreichte Ziel:**
  - Statt eines Verbrennungsmotor kommt ein drehmomentstarker Elektromotor zum Einsatz, elektrisch versorgt durch die Brennstoffzelle
    - Der drehmomentstarke Motor erlaubt ein dynamisches Fahren sowohl im Stadt- alsauch im Überlandverkehr
  - Zusätzlich Energie für die immer zahlreicher werdenden elektrischen Anwendungen stellt die Brennstoffzelle zur Verfügung:
    - Stand-Klimaanlage
    - zusätzliche Sicherheitsfunktionen
    - mobile Büro-Anwendungen
    - etc.
  - Das komplette Brennstoffzellen-System sowie die Wasserstoff-Tanks passen in den Unterboden eines Mercedes der A-Klasse

- **Das System:**
  - Fahrzeug-Typ: Mercedes-Benz A-Klasse (Lang-Version)
    - Brennstoffzellen-System: PEM
      - 72 kW (97 PS)
    - Elektro-Asynchron-Motor
      - Motorleistung: 65 kW (87 PS)
      - Max. Drehmoment: 210 Nm

- **Die Spezifika:**
  - Kraftstoff: Wasserstoff (350 bar)
  - Reichweite: 150 km (NEFZ)
  - Höchstgeschwindigkeit: 140 km/h
    - elektronisch begrenzt
  - Batterie
    - NiMh, luftgekühlt
    - Leistung (Dauer/Spitze): 15/20 kW (27 PS)
    - Nennkapazität: 6,5 Ah, 1,4 kWh

- **Das Entwicklungs-Potenzial:**
  - Brennstoffzellen-Antriebe im Fahrzeug haben einen hohen Wirkungsgrad, sind leise und arbeiten völlig schadstofffrei
  - Entlastung der Lichtmaschine und der Batterie
    - Hauptursache der Kfz-Pannen in der Pannenstatistik: entladene Batterien durch die Kfz-Elektronik
  - Flotten-Tests und Kooperations-Projekte
    - Beteiligte: Politik, Energiewirtschaft, Zuliefer-Industrie, Wissenschaft
  - Erste Brennstoffzellen-Konzeptfahrzeuge demonstrieren die technische Machbarkeit
    - Pkw´s, Transporter,Geländefahrzeuge, Lkw´s, Busse: alle Nischen
  - Vielfältige Kraftstoff-Optionen für die Brennstoffzelle im Kraftfahrzeug

- Das Beispiel: Brennstoffzellen-Hybrid Midi Bus von Hydrogenics Corporation:

- **Das bereits erreichte Ziel:**
  - Keine umwelt- oder gesundheitsschädigenden Emissionen
  - Einfache und schnelle Betankung
  - Großer Aktionsradius: > 9 Stunden oder 200 Kilometer
  - Hoher Systemwirkungsgrad
  - Robuster und bewährter elektrischer Antrieb
  - Eignung für den Einsatz im öffentlichen Personen Nahverkehr

- **Einsatzbereiche:**
  - Historische Stadtzentren
  - Luftkurorte
  - Naturparks
  - Flughäfen
  - Werksverkehr
  - Messegelände, Events

- **Die Spezifika: der Bus:**

Bauart:	Niederflur
H x B x L:	2,86 x 2,1 x 5,3 m
Leergewicht:	ca. 3700 kg
Zul. Gesamtgewicht:	ca. 6000 kg
Sitzplätze:	8 / 9 Sitze, 1 / 0 Rollstuhlplatz, + Fahrer
Stehplätze:	10/ 16
Optionen:	- Rollstuhlrampe (man./autom.) - Klimaanlage - Infotainmentsystem

- **Die Spezifika: der Antrieb:**

Primärantrieb:	Brennstoffzellensystem Hydrogenics HyPM 10
Hybrid System:	Brennstoffzelle - Batterie
Brennstoff:	Wasserstoff (4.0)
Wasserstoffspeicher:	Druckgasbehälter
Max. Geschwindigkeit:	> 30 km/h
Gesamtleistung:	27 kW
Brennstoffzellenleistung:	14 kW
Elektrischer Energiespeicher:	Alkalische Batterien
Elektrischer Antrieb:	72 V, 27 kW, 235 Nm
Reichweite:	> 9 h, 200 km
Straßenzulassung:	in Arbeit

Im Fokus: Nischenspaten

- Das Beispiel: Brennstoffzellen-Entwicklungen von Masterflex:

- **Das bereits erreichte Ziel:**
  - Erfolgreiche PEM Brennstoffzellen-Entwicklungen in kleinen Leistungsbereichen seit drei Jahren
  - Einen Technologie-Vorsprung erreicht die Masterflex AG durch ein weit reichendes Partnernetzwerk:
    - Forschungseinrichtungen
    - Unternehmen

- **Elektrofahrrad mit integrierter PEM Brennstoffzelle**
  - 45 Gramm Wasserstoff in Metall-Hydrid-Speicher
  - Bis zu 120 km Reichweite
    - fünffach höhere Reichweite im Vergleich zu herkömmlichen Akkulösungen bei gleichem Gewicht
  - Elektromotor: 250 Watt

- **Mobile Office System**
  - 50 Watt PEM Brennstoffzelle
  - Benutzerfreundliche Handhabung
  - Hohe Zuverlässigkeit
  - Kundenindividuelle Fertigung
  - Neue Anwendungsperspektiven jenseits herkömmlicher Akkus
  - Ein Notebook kann bis zu 50 Stunden netzunabhängig mit Strom versorgt werden

- **Prototyp einer Tiefsee-Brennstoffzelle**
  - Wasserstoff / Sauerstoff - Betrieb
  - 100 Watt Dauerleistung
  - Kapazität: 1500 Wh
  - Einsatztiefe bis 6.000 Meter

- **Black Power Box**
  - Universell einsetzbare Brennstoffzelle für externen Speicher:
    - 50 Watt Dauerleistung
    - 2,2 kg Gewicht
    - Einsatzdauer lediglich abhängig von der Speichergröße
  - Zuverlässige und netzunabhängige Stromversorgung
  - Betrieb mit Wasserstoff aus unterschiedlichen Speichern
  - Höchste Flexibilität ermöglicht neue Anwendungsperspektiven

Die Brennstoffzelle hat derzeit ihr größtes Einsatz-Potenzial in den Nischenspaten.
Durch den Brennstoffzellen-Einsatz wird eine elektrische Versorgungssicherheit für Insel-Lösungen erreicht, bei denen die herkömmlichen Akkulösungen nicht ausreichend und oft ungenügend sind.

Im Fokus: Miniatur-Elektrolyseur zur Befüllung von Metallhydrid-Speichern als Ladestation für portable Brennstoffzellen

- Das Beispiel: Das Verbundprojekt "Mini-Ely" :

Im Verbundprojekt "Mini-Ely" wird eine Miniatur-Elektrolyse-Einheit entwickelt, um diese Marktlücke zu füllen.
Die Einheit zur Wiederbefüllung von entleerten Metallhydrid-Speichern weist folgende Spezifika auf:

- Kompakte Baugröße
- Hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit
- Für den Gebrauch durch ungelerntes Bedienpersonal geeignet
- Ein Metallhydrid-Speicher mit 20 Liter Wasserstoff wird innerhalb von 15 Minuten nahezu vollständig befüllt

- Das Projekt im Überblick:

- **Projektpartner Forschung:**
  - Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg
    - Projektschwerpunkt:
      - Projektleitung und Koordination
      - Entwicklung des Miniatur-Elektrolyseurs
      - Entwicklung Elektronik
  - GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung Metallhydrid-Speicherung und Befüllung
      - Entwicklung Gastrocknung

- **Projektpartner Industrie:**
  - Masterflex AG Brennstoffzellentechnik in Herten
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung Systemtechnik
  - Wasserelektrolyse Hydrotechnik GmbH in Karlsruhe
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung Elektrolyse
      - Teilprojektierung
  - FuMa-Tech GmbH in St. Ingbert
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung Membrantechnik und für Elektrolyse und Wassersaufbereitung
  - FSM-Elektronik GmbH in Kirchzarten
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung Elektronik
  - ultratroc GmbH in Flensburg
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung Gastrocknung
  - Werner Herr GmbH in Ebringen
    - Projektschwerpunkt:
      - Entwicklung des Gehäuses

5 Aktivitäten u. Potenziale in der BRD

Gegliedert werden die Aktivitäten und Potenziale in:
- Forschung und Entwicklung
- Unternehmen, Kooperationen und Projekte

5.1 Forschung und Entwicklung

Die Forschung leistet Pionierarbeit in der Grundlagenforschung und darüber hinaus Entwicklungsarbeit in der Optimierung.
Grundlegende Entdeckungen und Grundlagen-Entwicklungen sind selten in den Betriebsabläufen der Industrie geleistet worden. Erst durch die Kommerzialisierung konzentriert sich die Industrie auf die Weiterentwicklungen.

Im Betreff Brennstoffzellen-Technologien wird Entwicklungsarbeit in folgenden Schwerpunkten geleistet:
- Abgasanlagen
- Elektromotoren
- Elektrotechnik
- Gasaufbereitung
- Getriebe
- Brennstoffe
- Brennstoffspeicher
- Brennstoffbetankung
- Wasserstoff
- Kühlsysteme
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Stacks
- Reformer
- Katalysatoren
- Elektrolyseure

Bisher liegen nur wenige Marktstudien und Kostenanalysen vor. Diese basieren auf einer Vielzahl von Annahmen, die berücksichtigt werden können.
Kostenanalysen wurden erstellt durch:
- Northeast Advanced Vehicle Consortium (NAVC) veröffentlicht Brennstoffzellen-Bericht
- Ökonomische Systemanalyse zum Antrieb von PKW mit PEFC...(TU Berlin)
- Szenarien zur Markteinführung: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) Karlsruhe
- Shell: PKW-Szenarien
- Vaillant GmbH: Brennstoffzellen-Heizgerät
- Zielkosten für den Einsatz im PKW (TU Karlsruhe)
- Cost Analysis of Fuel Cell Systems for Transportation: (ADL)
- Technische Optionen zur Verminderung der Verkehrsbelastungen (UBA)

Im Forschungszentrum Jülich,
Institut für Werkstoffe für Verfahren der Energietechnik (IWV)

Energieverfahrenstechnik (IWV-3) wird rund um das Thema Brennstoffzelle geforscht:

- **Verfahrenstechnik Brennstoffzellen**
  - Hauptarbeitsgebiete:
    - Test von Anlagenkomponeneten
    - Test und Optimierung der Steuer- und Regelkonzepte der SOFC- und DMFC-Anlagen
    - Entwicklung und Bau von Anlagen
    - Berechnung und Bewertung von Anlagenkonzepten

- **Brenngaserzeugung und Systemtechnik**
  - Hauptarbeitsgebiete:
    - Reformierung von Erdgas
    - Reformierung von flüssigen Kraftstoffen
    - Gasnachbehandlung
    - Prozesstechnik
    - Komponententechnik
    - Systemtechnik
    - Modelling

- **Verfahrens- und Systemanalyse**
  - Hauptarbeitsgebiete:
    - Verfahrenskonzepte mobil
    - Verfahrenskonzepte stationär
    - Antriebssimulation SIMBA
    - Bewertung KRAKE
    - Kostenstrukturen KOSTEX
    - Benchmarking für Komponenten von Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen

- **Physikalisch-Chemische Grundlagen**
  - Hauptarbeitsgebiete:
    - Molekulare Simulation des Protonentransportes in Polymerelektrolyt-Membranen (PEM´s)
    - Kontinuumssimulationen von PEFC´s und DMFC´s zur Charakterisierung von Brennstoffzellen

- **PEFC**-Niedertemperatur-Brennstoffzellen mit festen Elektrolyten als Stromerzeuger für Anwendungen mit Start bei niedrigen Temperaturen und hoher Dynamik wie z.B. für **Fahrzeugantriebe**

- **PEFC** mit Synergieefekten für **Hausenergie-, portable und mobile Anwendungen**

- **DMFC** auf der Basis einer **PEFC** für **portable Anwendungen**

- **PEFC, PAFC** bei 250°C sowie **MCFC, SOFC** als Hochtemperatur-Brennstoffzellen für **stationäre Anwendungen**

- **PEFC, SOFC** für Auxiliary Power Unit (APU) als **Stromerzeuger** im Kfz

- **AFC** für **Sonderanwendungen**

Auf Grund der bevorstehenden Marktreife wird die Bündelung des "know how" massiv gefördert. Innovations-Teams bilden Kompetenz-Netzwerke.
Das vierte Wuppertaler Brennstoffzellen-Symposium ist wieder ein Kooperationsprodukt der Energieagentur NRW, der Technischen Akademie Wuppertal sowie des Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle NRW gewesen. Rund 60 Fachleute (technische Leiter von Betrieben, Energie- und Umweltbeauftragte aus Kommunen, Entwicklungs-Ingenieure, Energieberater, Anlagenbauer, Vertreter von Handwerksfach- und Versorgungsverbänden sowie Mitarbeiter von Universitäten und Forschungs-Instituten) informierten sich über den Stand der Markteinführung dieser umweltfreundlichen Technologie. Um über ihre Erfahrungen mit einem Brennstoffzellen-Heizgerät sowie dem Einsatz von Brennstoffzellen im Klein-BHKW zu berichten, waren diesmal **auch Experten aus der Schweiz und aus Australien** angereist.

Die unbestrittenen Vorzüge der Brennstoffzellen-Technologie sorgen weltweit für große Forschungsanstrengungen.
- Die Brennstoffzelle als wichtiger Hoffnungsträger für Industrie und Wirtschaft
- Die Markteinführung als echte Herausforderung
- Die industrienahe Dienstleistung als das Handwerk von morgen

Speziell für Mitarbeiter aus Unternehmen, die sich auf den Betrieb dezentraler Brennstoff-Anlagen einstellen, werden Tagungen veranstaltet, auf denen die technischen und ökonomischen Potenziale der Brennstoffzellen-Technologie vorgestellt werden.
Es wird auf Einsatzmöglichkeiten und Betriebserfahrungen eingegangen. Hier können mit Hilfe der Protokolle von Pilot-Projekten bzw. Versuchsanlagen, die durch Projekt-Begleitung der Forschungs-Institute und Universitäten ausgearbeitet und bewertet wurden, anschaulich die Optionen für Komponenten und Geräte besprochen werden !

Von strategischer Bedeutung für Energie-Versorgungs-Unternehmen ist, dass sie sich angesichts der Liberalisierung der Energiemärkte vom reinen Energie-Lieferanten zum umfassenden Dienstleister entwickeln.

5.2 Unternehmen, Kooperationen und Projekte

Nach Abschluß der Pionierarbeit durch Forschungs-Institute und Hochschulen und dem Start der kommerziellen Entwicklungsarbeit sind bereits viele bekannte und führende Unternehmen, sowie Innovations-Zentren auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien aktiv.
Die bereits erwähnte Bildung von strategisch arbeitenden Allianzen beweist die Intensität, mit der die Wirtschaft die Sicherung der Wettbewerbsvorteile voranzutreiben versucht ! Durch internationale Bündelung der Zukunfts-Energieträger und Zukunfts-Technologien soll das Ziel "Vorteilssicherung" mit dem größt möglichen "know how" umgesetzt werden.

Zu den wichtigsten Akteuren dieser strategischen Allianzen gehören:
- der Maschinenbau-Industrie
- der Anlagenbau -Industrie
- der Automobil-Industrie
- die Mineralöl-Industrie
- der Heizungstechnik
- die Energie-Versorgungs-Unternehmen

Die größten Energie-Versorgungs-Unternehmen in Europa (Stand: 2001) :

Stromabsatz 2001 :

-	550	Mrd.	kWh	EdF (Frankreich)
-	355	Mrd.	kWh	E.ON (Deutschland)
-	354	Mrd.	kWh	RWE (Deutschland)
-	206	Mrd.	kWh	ENEL (Italien)
-	185	Mrd.	kWh	Vattenfall (Schweden)
-	168	Mrd.	kWh	Suez (Electrabel) (Frankreich)
-	97	Mrd.	kWh	EnBW (Deutschland)
-	86	Mrd.	kWh	Endesa (Spanien)
-	74	Mrd.	kWh	Iberdrola (Spanien)
-	68	Mrd.	kWh	British Energy (Großbritannien)

Gasabsatz 2001 :

-	81	Mrd.	m³	Gasunie (Niederlande)
-	66	Mrd.	m³	ENI-Gruppe (Italien)
-	56	Mrd.	m³	Ruhrgas (Deutschland)
-	52	Mrd.	m³	GdF (Frankreich)
-	42	Mrd.	m³	Centria (Großbritannien)
-	36	Mrd.	m³	RWE (Deutschland)
-	24	Mrd.	m³	Gas Natural (Spanien)
-	21	Mrd.	m³	Distrigaz (Belgien)
-		Mrd.	m³	
-	20	Mrd.	m³	WIEH / WIEE / Wingas (Deutschland / Schweiz)
-	17	Mrd.	m³	BEB (Deutschland)

Auf Grund der Liberalisierung der Energie-Märkte hat weltweit eine Neustrukturierung der Energie-Versorgungs-Unternehmen begonnen:
Strategische Firmen-Übernahmen und kartellamtlich auferlegte Netzwerk-Lösungen durch Anteils-Verkauf an Unternehmen bestimmen ein gemeinsames Ziel: "**WIN"**

"WIN" (engl.) = "gewinnen" :

W	**=**	**Wettbewerb**
I	**=**	**Innovation**
N	**=**	**Neuorganisierung**

Umgesetzt werden:

- Strategische Allianzen der Märkte
  - Strom
  - Gas
  - Wasser
  - Abwasser
  - Umwelt
  - Recycling
  - Wärme
  - Dienstleistung
  - Zukunfts-Technologien
- Innovative Zielorientierung: Energie aus
  - Solar-Energie
  - Windkraft
  - Wasserkraft
  - Wasserstoff
  - Biomassen
  - Klärmassen
- Innovative Projektierung: "Benchmarking":
  - mit Kommunen
  - mit Stadtwerken / lokalen EVU´s
  - mit Innovations-Zentren
  - mit Forschungs-Instituten
  - mit Hochschulen
  - mit Unternehmen
  - mit Gesellschaften
- Netzübernahmen
  - Teil- oder Komplett-Erwerb: Stadtwerke / lokale EVU´s
  - Teil- oder Komplett-Erwerb: Betriebe
  - Teil- oder Komplett-Erwerb: Gesellschaften
  - Durch die Kommunen mit Ablauf der Konzessions-Verträge: Netz-Erwerb

Die innovativen Aktivitäten in der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie werden auf Grund von Vertriebs- und Marketing-Strategien der EVU´s in den Medien hervorgehoben, aber es ist auch eine stark zunehmende Zurückhaltung der Auskünfte im Bezug auf die Marktreife erkannt worden !
Die Strategien haben zwei signifikante Ziele:
- Sicherung des Wettbewerbsvorteil: die Präsentation der ersten serienreifen Anlagen
- Verhindern konkurrezfähiger Anlagen zum gleichen Zeitpunkt durch strategische Allianzen

Besonders technische Kenntnisse über den "Stack" werden streng geheim gehalten !

Im Fokus: ENERGIE !!!

Die interessanteste Branche des 21. Jahrhunderts wird die Energie-Branche sein !!

Die neuen Technologien werden zahlreiche Produkt- sowie Prozess-Innovationen hervorbringen !!

E.ON :

Die E.ON Energie AG hat ihren Sitz in München und ist eines der größten Energie-Dienstleistungs-Unternehmen in Europa ("global Player") in den Bereichen Strom, Gas und Wasser.
Ca. 250 Unternehmen sind im E.ON Energie-Konzern voll konsolidiert, mit **dezentraler Unternehmens-Struktur.**
Die Gesamtleistung der konventionellen, nuklearen und regenerativen Kraftwerke beträgt im In- und Ausland **34.000 MW** :

- 13.200 MW Stromerzeugung aus konventioneller Energie
- 8.900 MW Stromerzeugung aus Kernenergie
- 3.100 MW Stromerzeugung aus Wasserkraft

E.ON hatte im Jahr 2001 einen Stromabsatz von 355 Mrd. kWh !

Die E.ON Engineering GmbH hat ihren Sitz in München und Gelsenkirchen und stellt das Technologie-Zentrum der E.ON Energie AG dar.
Von hier aus werden Brennstoffzellen-Projekte gestartet. Brennstoffzellen-Technologie ist für E.ON eine Option auf eine neue Energie-Umwandlung.

EnBW :

Die EnBW Energie AG hat ihren Sitz in Karlsruhe und ist bestrebt ihre Position in der Bundesrepublik Deutschland als drittgrößtes Energie-Unternehmen in den Bereichen Strom, Gas und Wärme auszubauen.
Das Marktfeld Strom hat im Geschäftsjahr 2002 eine Steigerung von 97 Mrd. kWh auf 120 Mrd. kWh erfahren.
Nach Angaben der EnBW AG ergibt sich folgende Staffelung der Primärenergieträger aus 2001:

- 40,20 % Kernenergie
- 27,00 % Primärenergie nicht bekannt
- 23,00 % Kohle, Öl, Gas
- 9,80 % Wasser und sonstige regenerative Energien

EnBW engagiert sich intensiv in dem Themengebiet "Umwelt" und hier im besonderen Maße in der Brennstoffzellen-Technologie.
Zielsetzung: Die Einsparung von jährlich 1 Mio. t CO_2 !

RWE :

Die RWE Energie AG hat ihren Sitz in Essen und ist eines der größten Energie-Dienstleistungs-Unternehmen in Europa ("global Player") in den Bereichen Strom, Gas, Wasser und Umwelt.
Klarer Fokus auf "Multi-Utility-Kerngeschäfte" mit den Säulen: Strom, Gas, Wasser und Abwasser, Abfall und Recycling.
Mit dem aktuellen Wechsel des Vorstandsvorsitzenden des RWE steht eine Umstrukturierung der Unternehmensgruppe an !
RWE hatte im Jahr 2001 einen Stromabsatz von 354 Mrd. kWh !

Die RWE Fuel Cells GmbH hat ihren Sitz in Essen und stellt eine Erweiterung des Multi-Utility-Konzept dar.
Das bisherige Konzernprojekt "Brennstoffzellen" ist seit März 2002 selbständig. Mit der Ausgründung in die RWE Fuel Cells GmbH unterstreicht RWE die große Bedeutung der dezentralen Energie-Versorgung für den Konzern.

Ruhrgas :

Die Ruhrgas AG hat ihren Sitz in Essen und ist eines der größten Energie-Unternehmen in Europa.
Der jährliche Erdgasabsatz beträgt ca. 56 Mrd m³, das sind rund 670 Mrd. kWh.

Das Ruhrgas Entwicklungszentrum hat seinen Sitz in Dorsten.
Hier werden Entwicklungen rund um das Erdgas durchgeführt.

5.2.1 Allgemeine Brennstoffzellenentwicklung: Anwendung: stationär

Im Fokus: kooperierende Unternehmen !!

Ich konzentriere mich in der Listung auf die wichtigsten, bekannt aktiv-innovativ kooperierenden Unternehmen. Die Listung der "ersten" Akteure wird auf Grund der Darstellung der Ursprungs-Potenziale nicht durch einen Wandel der Unternehmensstruktur aktualisiert !
Siehe Kapitel 4.1 : Kompetenzverbünde: Branchen, Firmen und Institute

- **Alstom Ballard GmbH** mit Sitz in Dresden:
  - Tochter der Alstom SA-Konzern (Frankreich) und Ballard Generation Systems
  - Der Standort Dresden ist als Produktionsstätte von Brennstoffzellen ab 2004 geplant
  - Pilotanlagen werden z.Z. mit der BEWAG u. a. getestet: PEMFC
  - Einsatzbereiche als BHKW´s: Wohnsiedlungen, Schwimmbäder, Gewächshäuser etc.

- **Axiva GmbH** mit Sitz in Frankfurt:
  - Spezialist: Verfahrenstechnik: chemische Industrie
  - Entwicklung: Membranen: für PEMFC: gemeinsam mit dem Zellenhersteller Plug Power

- **BASF AG** mit Sitz in Ludwigshafen:
  - Entwicklung: Katalysatoren: für Brennstoffzellen
  - Projekt: Methanol als zukünftiger Brennstoff

- **Degussa AG** mit Sitz in Frankfurt:
  - Edelmetall-Chemie: Kathalyse und Oberflächenbeschichtung

- **dmc² Degussa Metals Catalysts Cerdec AG** mit Sitz in Hanau:
  - Entwicklung: Kernkomponente der Brennstoffzelle

- **GHW - Gesellschaft für Hochleistungselektrolyseure mbH** mit Sitz in München:
  - Tochter der:
    - mtu Friedrichshafen (40%)
    - Norsl Hydro Elektrolyseurs (40%)
    - HEW (20%)
  - Entwicklung: Elektrolyseur: in Verbindung mit schwankender Stromerzeugung: Solar

- **HEW Hamburgische Electrizitätswerke AG** mit Sitz in Hamburg:
  - Pilotprojektierungen mit den Hamburger Gaswerken: Brennstoffzellen für Wohnsiedlungen

- **HGW Hamburg Gas Consult GmbH** mit Sitz in Hamburg:
  - Planung, Errichtung und Betrieb: Brennstoffzellen-BHKW´s: PAFC
  - Entwicklung: Mini-BHKW´s: PEMFC

- **Hydrogenics Europe Group (ehem. ENKAT)** mit Sitz in Gelsenkirchen:
  - Tochter der Hydrogenics Kanada
    - akt. Planung: Brennstoffzellen-Produktion

- **Linde AG**
  - Wasserstoff-Technologie:
    - Wasserstoff selbst
    - Entwicklung: Wasserstoff-Tanks: mobile Anwendung
    - Entwicklung: Wasserstoff-Infrastruktur
  - Sitz:
    - Dresden
    - Höllriegelskreuth
      - Wasserstoff-Anlagen
      - Gasaufbereitungs-Anlagen
      - Tanks für flüssige Gase
    - Höllriegelskreuth
    - Unterschleißheim
    - Würzburg
    - Ludwigshafen
      - Technische Gase

- **Mannesmann Pilotentwicklung GmbH** mit Sitz in München:
  - Integration: Brennstoffzellen in bestehende Anlagen
  - Entwicklung: Peripherie-Komponenten
  - Herstellung: Speicher für Wasserstoff

- **Masterflex** mit Sitz in Gelsenkirchen und Herten:
  - akt. Start: Serienproduktion: Mini-Brennstoffzellen
    - Anwendung: Elektronik:
      - Laptop
      - Drucker
      - Handy
      - etc.
  - Planung: Entwicklung: Brennstoffzellen
    - Anwendung: Geräte:
      - Rasenmäher
      - etc.

- **Messer-Griesheim GmbH** mit Sitz in Kefeld:
  - Herstellung: Gase
  - Herstellung: Infrastruktur zur Gasversorgung
  - Entwicklung: Wasserstoffspeicher: für mobile Anwendung

- **MTU Motoren-Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH** mit Sitz in Friedrichshafen:
  - Entwicklung: MCFC: 300 kW bis 10 MW für:
    - Kraft-Wärme-Kopplung
    - dezentrale Stromerzeugung
  - Realisierung: Stack-Aufbau
  - Serienproduktion ab 2004
  - Entwicklung: Hochleistungs-Elektrolyseur

- **Proton Motor Fuel Cell GmbH** mit Sitz in Starnberg:
  - Entwicklung: Brennstoffzellen-Systeme:
    - stationäre Anwendung
    - mobile Anwendung
  - Herstellung: Komponenten für PEMFC
  - Systementwicklung: Projekt "Bus für Bayern": 2. Generation

- **Siemens / KWU (Westinghouse !!)** mit Sitz in Erlangen:
  - Entwicklung: Brennstoffzellen
  - Entwicklung: Fahrzeugantrieb: PEMFC: bis 50 kW: Testfahrzeuge:
    - Busse
    - Gabelstabler
  - Herstellung: weltweit größte PEMFC: Einsatz: U-Boote
  - Entwicklung: SOFC-Kraftwerk. Emissionsfrei
  - Entwicklung: SOFC: Kombination mit Gasturbinen

- **SWB Solar-Wasserstoff Bayern GmbH**
  - 70 % E.ON Energie
  - 10 % Siemens
  - 10 % Linde
  - 10 % BMW
  - Betrieb: Pilotanlage in Neunburg vorm Wald
    - Erprobung: geschlossenes Solar-Wasserstoff-System
      - Komponenten:
        - Photovoltaik-Felder
        - Elektrolyseure
        - Brennstoffzellen
        - Gasheizkessel
        - Heizsysteme: katalytisch
        - Kältesysteme: katalytisch

- **Vaillant GmbH** mit Sitz in Remscheid
  - Herstellung: Heizungs-Technik
    akt. Planung: Serienproduktion: PEMFC-Heizgerät

- **Ze Tek Power** (DLR in Köln):
  - akt. Planung: vollautomatische Fabrik: Herstellung: AFC

Im Fokus: Konkrete Beispiele

Am Beispiel Siemens wird deutlich, dass die Brennstoffzellen-Anlagen bereits von globalem Interesse der Leitunternehmen sind !!!

Die Kunden: Leitunternehmen der Energie-Versorgung.

SOFC - Anlagen:
- Siemens-Anlagen mit einer Leistung von 250 kW bis 500 kW
- Modelle:
  - CPH 250
  - PH 300
  - PH 500
    - teiweise mit Anlagenerweiterung

Anlagen-Typ: **CHP 250:**
- Kombinierte Strom-Wärme-Anlage
- Leistung: 250 kW

Kunde: (Nordamerika)
- Kinetrics

Standort:
- Toronto
- Ontario
- Kanada

Projekt-Start:
- 2002

Anlagen-Typ: **PH300:**
- Hybrid-Brennstoffzelle, Druckluftaufgeladene SOFC, gekoppelt mit einer Mikro-Gasturbine
- Leistung: 300 kW

Kunde: (Deutschland)
- RWE
- Thyssen Gas
- ENEL Produzione

Standort:
- Essen

Projekt-Start:
- 2002

Anlagen-Typ: **PH300:**
- Hybrid-Brennstoffzelle, Druckluftaufgeladene SOFC, gekoppelt mit einer Mikro-Gasturbine
- Leistung: 300 kW

Kunde: (Italien)
- Edison SpA

Standort:
- Spinetta Marengo

Projekt-Start:
- 2003

Anlagen-Typ: **CHP 250:**
- Standardanlage
- Leistung: 250 kW

Kunde: (USA)
- BP America

Standort:
- Alaska

Projekt-Start:
- 2003

Anlagen-Typ: **CHP 250:**
- Standardanlage
- Leistung: 250 kW

Kunde: (Deutschland)
- E.ON
- Stadtwerke Hannover

Standort:
- Hannover

Projekt-Start:
- 2003

Anlagen-Typ: **PH500+:**
- Standardanlage
- Leistung: 500 kW

Kunde: (Deutschland)
- EnBW
- EdF
- EdG
- TIWAG
  - 1 MW - Projekt

Standort:
- Marbach

Projekt-Start:
- ---

Anlagen-Typ: **CHP 250ZE:**
- Leistung: 250 kW

Kunde: (Norwegen)
- Shell

Standort:
- Kollsnes

Projekt-Start:
- 2003

Anlagen-Typ: **BCHP 250:**
- BCHP: Gebäudeversorgung mit Strom, Wärme und Kühlung (Strom und Klimatisierung)
- Leistung: 250 kW

Kunde: (USA)
- EPA US - Umweltbehörde

Standort:
- Ft Meade
- Maryland

Projekt-Start:
- 2004

Im Fokus: Kooperations-Modelle !!

Ich konzentriere mich in der Listung auf die wichtigsten, bekannten Modelle:

- **In Hamburg:**
  - Consulectra GmbH
  - HEW Hamburger Electrizitäts Werke AG
  - HGW Hamburger Gas Werke GmbH
    - Projekt:
      Eine PAFC von ONSI
      - Umbau für den Betrieb mit flüssigem Wasserstoff

- **In Hamburg:**
  - HEW Hamburger Electrizitäts Werke AG
  - HGW Hamburger Gas Werke GmbH
  - Linde AG
    - Projekt:
      PAFC-BHKW: Versorgung von:
      - 40 Haushalte mit Wärme
      - 100 Haushalte mit Strom

- **In Bielefeld:**
  - Stadtwerke Bielefeld GmbH
  - BEB Erdgas und Erdöl GmbH
  - Mobil Erdgas-Erdöl GmbH
  - MTU Friedrichshafen
    - Projekt:
      MCFC von MTU

- **In Berlin-Treptow:**
  - EdF Electricité de France
  - HEW Hamburger Elektrizitäts Werke AG
  - E.ON (Preussen Elektra AG Hannover)
  - VEAG aus Berlin
  - Bewag aus Berlin
  - Aral
    - Projekt:
      PEMFC von Alstom Ballard Generation Systems GmbH

- **In Friedrichshafen:**
  - MTU Motoren-Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH
  - Ruhrgas AG aus Essen
  - Fuel Cell Energy aus den USA
  - Elkraft AmbA aus Dänemark
    - Projekt:
      MCFC von Fuel Cell Energy
      - Kraft-Wärme-Kopplung (Industrie-Standard)
      - Energieversorgung

- **In Nürnberg:**
  - Studiengesellschaft Brennstoffzellen e.V.
  - Ruhrgas AG aus Essen
  - Saarberg Fernwärme GmbH aus Saarbrücken
  - EWAG Energie- und Wasserversorgung AG aus Nürnberg
    - Projekt:
      PAFC von ONSI

- **In Saarbrücken:**
  - Ruhrgas AG aus Essen
  - Stadtwerke Saarbrücken
    - Projekt:
      PAFC von ONSI
      - Anbindung an eine Brennwertkesselanlage

- **In Erlangen:**
  - Siemens / KWU in Erlangen
  - Westinghouse aus den USA
  - MAN
  - BMW
  - Linde
    - Projekt:
      PEMFC von Westinghouse

- **In Erlangen:**
  - Siemens / KWU in Erlangen
  - Westinghouse aus den USA
  - Shell Hydrogen
  - US Energie-Ministerium
    - Projekt:
      Entwicklung: SOFC-Kraftwerk
      - Kombination mit einer Gas-Turbine

- **In Essen:**
  - Siemens / KWU aus Erlangen
  - Westinghouse aus den USA
  - RWE Power in Essen
    - Projekt:
      PEMFC von Westinghouse

- **In Köln:**
  - GEW Gas- Elektrizitäts- und Wasserwerke Köln AG
    - Projekt:
      PAFC von ONSI
      - Anbindung an eine Klärgasreinigungsanlage

- **In Köln:**
  - Ze Tec Power aus Belgien
    - Projekt:
      AFC
      - Planung einer vollautomatischen Produktions-Fabrik

- **In Neunburg:**
  - SWB Solar Wasserstoff Bayern GmbH
  - E.ON Energie AG
  - Siemens / KWU aus Erlangen
  - Linde AG
    - Projekt:
      Pilotanlage: geschlossenes Solar-Wasserstoff-System
      - Komponenten:
        - Photovoltaik-Felder
        - Elektrolyseure
        - Brennstoffzellen
        - Gasheizkessel
        - katalytische Heizsysteme
        - katalytische Kältesysteme

- **In Remscheid:**
  - Vaillant GmbH in Remscheid
  - Plug Power aus den USA
  - General Electric aus den USA
    - Projekt:
      PEM Brennstoffzellen-Heizgerät
      - Vorbereitung für die Serien-Produktion

- **In Oberhausen:**
  - Fraunhofer Institut UMSICHT Oberhausen
  - EUS GmbH
  - MVV Energie AG
  - AEG SVS Power Supply Systems GmbH
  - Alstom Energietechnik GmbH
  - E.ON Engineering GmbH
  - Universität Dortmund
    - Projekt:
      PEM Oberhausen
      - Vorbereitung für den Betrieb mit Grubengas

- **In Gelsenkirchen:**
  - Vaillant GmbH
  - Ruhrgas AG
  - E.ON Engineering
  - EUS GmbH
  - ELE Emscher Lippe Energie GmbH
    - Projekt:
      Brennstoffzellen-Heizgerät
      - Versorgung: Mehrfamilienhaus mit Strom und Wärme

- **In Herten:**
  - Dr. Mühlen GmbH
  - Zukunftszentrum Herten
    - Projekt:
      "Blauer Turm"
      - Anlage zur gestuften Reformierung von biogenen Reststoffen
        - Erzeugung: wasserstoffreiches Gas: Einsatz z.B. in BHKW´s
          - 1 MW_{th} Pilotanlage seit 2001 im Betrieb
          - 10 MW_{th} - Anlage: Betrieb ab 2004 geplant

- **In Herten:**
  - Masterflex
  - Zukunftszentrum Herten
    - Projekt:
      - akt. Start: Serienproduktion: Mini-Brennstoffzellen
        - Anwendung: Elektronik:
          - Laptop
          - Drucker
          - Handy
          - etc.
      - Planung, Entwicklung und Herstellung: Brennstoffzellen
        - Anwendung: Geräte:
          - Fahrräder
          - etc.

- **In Herten:**
  - Gründung der H2Herten Gesellschaft
    - Projekt Ewald: Gesamt-Flächenverfügbarkeit 53 ha
      - Projekt-Bereiche:
        - Komponentenentwicklung
        - Verfahren zur Herstellung eines hochreinen Brenngases
        - Prüftechnologien für komplette Brennstoffzellen-Systeme
        - Entwicklung einer Produktions-Technologie für die Serienfertigung von Mini-Brennstoffzellen
    - Führende Unternehmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien siedeln sich aktuell in Herten an und weitere zeigen großes Standort-Interesse
      - Industrielle Ansiedlung
      - Auf- und Ausbau der Infrastruktur
      - Wertschöpfungskette von den Energieträgern bis zur Anwendung
      - Qualifizierung aller Berufsgruppen rund um die Brennstoffzelle
        - Humankapital
      - Aufbau eines F&E Kompetenz-Netzwerk
      - Start Up - Zentrum

5.2.2 Allgemeine Brennstoffzellenentwicklung: Anwendung: mobil

Im Fokus: kooperierende Unternehmen !!

Ich konzentriere mich in der Listung auf die wichtigsten, bekannt aktiv-innovativ kooperierenden Unternehmen:

Die Listung der "ersten" Akteure wird auf Grund der Darstellung der Ursprungs-Potenziale nicht durch einen Wandel der Unternehmensstruktur aktualisiert !

Siehe Kapitel 4.1 : Kompetenzverbünde: Branchen, Firmen und Institute

- **BMW AG** mit Sitz in München:
  - Kraftfahrzeuge
  - Bordelektronik

- **Daimler Chrysler AG** mit Sitz in Stuttgart:
  - Kraftfahrzeuge
  - Bordelektronik

- **Ford Forschungszentrum** mit Sitz in Aachen
  - Kraftfahrzeuge

- **General Motors** mit Sitz in Detroit / Michigan / USA
  - Kraftfahrzeuge

- **Opel AG** mit Sitz in Rüsselsheim und Bochum:
  - Kraftfahrzeuge

- **MAN Nutzfahrzeuge AG** mit Sitz in Nürnberg
  - Kraftfahrzeuge
  - Nutzfahrzeuge

- **NEOPLAN GmbH** mit Sitz in Stuttgart und Pilsting:
  - Kraftfahrzeuge
  - Nutzfahrzeuge

Im Fokus: Kooperations-Modelle !!

Ich konzentriere mich in der Listung auf die wichtigsten, bekannten Modelle:

- **In München:**
  - BMW AG
  - Renault
  - Delphi Automotive Systems
    - Projekt:
      SOFC-Systeme
      - Bordstromversorgung
      - Flüssigerdgas-an-Bord-Reformierung

- **In Stuttgart:**
  - DaimlerChrysler AG
  - Ballard Power Systems aus den USA
  - Ford Motor Company aus den USA
  - Ecostar aus den USA
  - Xcellsis GmbH (ehem. dbb) aus Kirchheim
  - Shell International Oil Products BV
    - Projekt:
      - NECAR 3: Brennstoffzellen-Fahrzeug von 1997
        - An-Bord-Reformierung von Methanol
      - NECAR 4: Brennstoffzellen-Fahrzeug von 1999
        - Flüssigwasserstofftank
      - NECAR 5: Brennstoffzellen-Fahrzeug von 2002
        - An-Bord-Reformierung von Methanol
        - Serienproduktion: Geplanter Start: ab 2004
      - Citaro: Brennstoffzellen-Bus
        - Druckgasflaschen: komprimierter Wasserstoff
        - Erste Auslieferungen: ab 2002
    - Projekt:
      - Brennstoffzellen-Stacks
      - Brennstoffzellen-Antriebs-Systeme
      - Reformer

- **In Bochum:**
  - Opel AG
  - General Motors
  - Opel-Entwicklungszentrum GAPC aus Mainz
  - Toyota
    - Projekt:
      - Zafira
        - Prototyp von 2002
          Serienproduktion: Geplanter Start: ab 2004

- **In München:**
  - MAN Nutzfahrzeuge AG
  - Siemens KWU
  - Siemens Verkehrstechnik
  - Linde
  - Ludwig-Bölkow-Stiftung
    - Projekt:
      - PEMFC
      - Entwicklung: Niederflur Stadtbus

- **In Stuttgart:**
  - NEOPLAN GmbH
  - DLR
  - De Nora
  - IHR
  - Linde
    - Projekt:
      - Busse mit Brennstoffzellen-Antrieb
      - Erprobung: Einsatz in den Verkehrsbetrieben

- **In Berlin:**
  - ARAL
  - BMW
  - Berliner Verkehrbetriebe BVG
  - DaimlerChrysler
  - Ford
  - General Motors GM
  - Opel
  - Hydro/GHW
  - Linde
  - Vattenvall
    - Projekt:
      - Clean Energy Partnership CEP
      - Wasserstoff-Demonstrationsprojekt

- **In Europa:**
  - Amsterdam
  - Barcelona
  - Hamburg
  - London
  - Luxemburg
  - Madrid
  - Porto
  - Stockholm
  - Stuttgart
    - Projekt:
      - Clean Urban Transport for Europe CUTE
      - Brennstoffzellen-Bus-Projekt in 9 europäischen Städten

Automobilunternehmen kündigen für 2008 / 2009 die Einführung erster Flotten brennstoffzellenbetriebener Fahrzeuge an und drängen zum Aufbau eines Wasserstoff-Tankstellennetzes.

Wann kommen die Wasserstoff-Fahrzeuge ?

Die optimistischen Ankündigungen der Fahrzeughersteller, welche einen breiten Einsatz der zukunftsweisenden und umweltfreundlich Pkw für den Zeitraum 2003/2004 avisierten, scheint die Markteinführung in das Jahr 2009 bis 2012 gerückt !?!?

Die Straßentauglichkeit wird in mehreren Testflotten unter Alltagsbedingungen erprobt bzw. nachgewiesen, die erfogreiche Optimierung des Kaltstartverhaltens wurde von führenden Herstellern publiziert.

DaimlerChrysler:
In dem von der EU geförderte Projekt CUTE Clean Urban Transport for Europe haben dreiunddreißig Mercedes-Benz Citaro-Busse zusammen eine Laufleistung von rund 70.000 Betriebsstunden erreicht und die Eine-Million-Kilometer-Marke überschritten.
Ab 2009 wird dann die nächste Generation der von DaimlerChrysler-Tochter EvoBus gebauten, mit Wasserstoff betankten Busse im Linienverkehr eingesetzt.

60 Brennstoffzellenfahrzeuge auf Basis der A-Klasse in Deutschland, den USA, in Japan und auch in Singapur stellen derzeit die größte Flotte dar, weltweit. Die Auslieferung endete 2004.
2005 wurde von DaimlerChrysler das neue Brennstoffzellenfahrzeug auf Basis der B-Klasse vorgestellt, Reichweite: 400 km, Elektroantrieb: mehr als 100 kW / 136 PS .

Ford:
Bis Ende 2006 sollen 40 Brennstoffzellenfahrzeuge auf die Straße entlassen werden.
Schwerpunkt des Tests: Kalifornien, es sollen aber auch Autos nach Vancouver und Berlin geliefert werden.

GM Genaral Motors:
Bis Ende 2008 sollen 40 Brennstoffzellenfahrzeuge auf die Straße entlassen werden.
Der Opel Zafira ist das erste mit flüssigem Wasserstoff angetriebene Fahrzeug, welches in Japan eine Bewilligung für den Betrieb auf öffentlichen Straßen mit einem speziellen grünen Nummernschild erhalten hat.
Ankündigung von Klaudia Martini (Mitglied des Vorstandes der Adam Opel AG):
- Grundlage geschaffen für Brennstoffzellenautos ab 2010.
- Langfristiges Ziel: Erster Hersteller von einer Million verkaufter Wasserstoffgetriebener Fahrzeuge.

BMW:
Der Ansatz: Wasserstoffverbrennungsmotor basierend auf den 7er Fahrzeugen. Geplanter Entwicklungzeitraum zur Serienreife: bis 2009. Brennstoffzelle-Einsatz als Versorger für die Bordelektronik.

Volkswagen:
Das Unternehmen hält sich mit Verlautbarungen sehr zurück !! Eine Ankündigung des Unternehmens: Auslieferung von 15 Exemplare des Touran HyMotion zu Tests und zur Vorführungen nach Kalifornien.

Honda:
Bis heute 18 Fahrzeuge in den Testbetrieb geschickt. Ankündigung Ende 2005: den Kompaktwagen FCX in den USA auch in die Hände von Privatpersonen, Schwerpunkt der Aktion: voraussichtlich wegen der bereits bestehenden Betankungsmöglichkeiten in Kalifornien.

Toyota:
Die weltweite Testflotte hat mehr als 20 Fahrzeuge, das aktuelle Modell ist FCHV-5 (seit 1996).

Hyundai:
Einsatz von fünf Hyundai Tucson mit Brennstoffzellen-Antrieb ab 2005 in den USA.

Kia:
Einsatz von fünf Kia Sportage mit Brennstoffzellen-Antrieb ab 2005 in den USA.

Nissan:
Das Unternehmen hat keine Angaben zu der Größe der Testflotte gemacht, das Modell X-Trail FCV wird an einen begrenzten Kundenstamm verleast.

Einsatz der Fahrzeuge:

- überwiegend in Nordamerika, Kalifornien: CaFCP California Fuel Cell Partnership

Entwicklungsschwerpunkte:

- in den Jahren 2000 bis 2003: Japan
- seit 2004: überwiegend in Europa
- 2006 wird eine bedeutende richtungsweisende "Zeitmarke" sein !

Die DaimlerChrysler AG und die Ford Motor Company haben am 01.09.2005 offiziell das Brennstoffzellen-Systemgeschäft vom kanadischen Unternehmen Ballard Power Systems Inc. übernommen.

DaimlerChrysler und Ford haben ein Joint Venture gegründet und halten jeweils 50 Prozent der Anteile. Das Joint Venture wird fortan als NuCellSys GmbH mit Sitz in Nabern firmieren.
NuCellSys wird eng mit Ballard zusammenarbeiten, die Entwicklung des Brennstoffzellensystems konzentriert vorangetrieben.
Das stellt einen wesentlichen Schritt auf dem Weg zur Serienreife des Brennstoffzellenantriebs dar !

5.3 Industrie- und strukturpolitische Unterstützung

Gemeinsam mit den Automobil-Unternehmen ...
- BMW
- DaimlerChrysler
- VW
- MAN

... und den Energie-Unternehmen ...
- ARAL
- Shell
- RWE

... hatte das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen BMVBW eine "Verkehrswirtschaftliche Strategie" VES auf den Weg gebracht.

Die Aufgabe dieser Strategie wurde definiert:
- Flächendeckende Einführung des Markt: alternative Kraftstoffe
- Erstellung von Markteinführungs-Szenarien für alternative Kraftstoffe
- Der alternative Kraftstoff soll:
  - möglichst nicht fossilen Ursprungs sein
  - CO_2-reduziert, im Idealfall emissionsfrei sein
  - herstellbar mit Hilfe erneuerbarer Energien sein
- Aufbau eines Vertriebsnetz
- Aufbau einer Tankstellen-Infrastruktur

Untersuchungen berücksichtigen die Energie-Träger:
- Wasserstoff
- Methanol
- Erdgas
- Grubengas
- Biomassen
- Klärmassen

Kurz- bis mittelfristig zeigen sich lediglich die Energie-Träger...
- Erdgas
- Methanol

... wirtschaftlich rentabel.
Langfristig wird sich Wasserstoff als "der" Energie-Träger durchsetzen !!!

Das Beispiel: "Future made by RWE"

Im Rahmen von Studien und Entwicklungsvorhaben mit verschiedenen Brennstoffzellen-Herstellern sowie zahlreichen Pilotprojekten engagiert sich RWE seit 1991 intensiv in der Weiterentwicklung dieser revolutionären Technologie.
Mit der Ausgründung in die **RWE Fuel Cells GmbH** unterstreicht das Unternehmen die große Bedeutung der Brennstoffzelle für das Unternehmen !

Das **Zukunftsinvestitions-Programm ZIP des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie** sowie das **Land Nordrhein-Westfalen** unterstützen die RWE Forschungsprojekte.

Das Beispiel: "EU-Feldtest mit E.ON"

Bei E.ON Energie ist man überzeugt, dass die Brennstoffzelle im Energie-Mix der Zukunft einen wichtigen Platz einnehmen kann. Aktiv im NRW-Feldtest arbeitet die **E.ON Engineering GmbH** ! E.ON Energie arbeitet in dem **Feldtest-Projekt** mit bedeutenden Brennstoffzellen-Entwicklern und Brennstoffzellen-Herstellern zusammen, wie Buderus, Sulzer Hexis, Vaillant und Viessmann, hinsichtlich Anlagenlieferung und Projektdurchführung. Das Unternehmen verfolgt damit die Strategie, aus den unterschiedlichen Produkten verschiedener Hersteller die geeigneten Systeme herauszufinden und selbst einzusetzen.

Das Beispiel: "Leitsatz Umweltschutz der EnBW"

EnBW hat 2001 neue Akzente gesetzt und den nachhaltigen Ausbau der regenerativen Energien, insbesondere durch Bau und Erwerb von Wind- und Biomassen-Anlagen, beschlossen.
Bis 2010 will EnBW damit jährlich 1 Mio. t CO_2 einsparen.
Brennstoffzellen-Technologie, die bei EnBW zum Einsatz kommen soll, ist für 2005 geplant.

EnBW gab den Startschuß für den Einsatz der Brennstoffzellen-Technologie in der Hausenergie-Versorgung mit einer Anlage in Mingolsheim, Kreis Karlsruhe !
Das Unternehmen führt die Anlagenerweiterung im Test bis Ende 2004 durch.

Das Beispiel: "NRW-Feldtest seit 2001"

Zukunftsvision: "Virtuelles Kraftwerk"
Der von der **Europäischen Union geförderte Feldtest: 50 dezentrale Systeme, die mit einer Leitwarte verbunden wie ein Kraftwerksblock gesteuert werden** .

Parade-Beispiel in Gelsenkirchen:

- **Die EUS Gesellschaft für innovative Energieumwandlung und -speicherung mbH :**
  - entwickelt in Zusammenarbeit mit der Vaillant AG Remscheid die entsprechende Steuerung

- **Die E.ON Engineering GmbH:**
  - konzentriert sich auf die elektrische Anbindung der Brennstoffzellen-Anlagen

- **Der Feldtest-Betreiber ELE Emscher Lippe Energie GmbH:**
  - beschäftigt sich mit dem Contracting für den Betrieb in Wohnhäusern

- **Ruhrgas:**
  - führt Untersuchungen durch: Gasbeschaffenheiten

Die Brennstoffzellen-Heizgeräte werden entwickelt von:

- **Vaillant GmbH aus Remscheid**

- **Plug Power Corps aus den USA**

Das Beispiel: "EU-Feldtest seit 2004"

Zukunftsvision: "Brennstoffzellen-Heizgeräte als Virtuelles Kraftwerk"

- **Test: Brennstoffzellen-Heizgeräte in der dezentralen Haus-Energie-Versorgung**
- **Ziel: Systeme vernetzen in eine zentrale Steuerung:**
  - **vituelles Kraftwerk**
- **Dezentrale Strom- und Wärme ohne Leitungsverluste direkt vor Ort**
- **Untersuchung: Optimierung der Stromerzeugung im öffentlichen Netz**
  - **Nachweis:**
    - **die Marktreife**
    - **die Zuverlässigkeit**
    - **die Wirtschaftlichkeit**
    - **die CO_2-Emissions-Minderung**

Beteiligte Akteure:

- Vaillant	Deutschland
- BZ-Heizgeräte	
- PLUG POWER Holland	Niederlande
- BZ-Hersteller	
- Ruhrgas	Deutschland
- EVU	
- E.ON (Energie)	Deutschland
- EVU	
- MVV Energie AG	Deutschland
- EVU	
- EWE	Deutschland
- EVU	
- HEW	Deutschland
- EVU	
- EAM	Deutschland
- EVU	
- Gasuine	Niederlande
- EVU	
- ELE Emscher Lippe Energie GmbH	Deutschland
- EVU	
- Wiengas	Österreich
- EVU	
- COGEN EUROPE Verband für Kraft-Wärme-Kopplung	Belgien
- Integration	
- Universität Lissabon	Portugal
- Forschung	
- Universität Duisburg	Deutschland
- Forschung	
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt	Spanien
- Forschung	
- Sistemas de Calor	Spanien
- Heizung- und Klima-Installation	

Das Beispiel: "IBZ Initiative Brennstoffzelle"

Zukunftsvision: "Brennstoffzellen-Technologien"

- **Handeln für den Fortschritt**
- **Mobile und stationäre Brennstoffzellen**
  - **"Wettlauf oder gemeinsamer Vormarsch ??"**

Beteiligte Akteure:

-	EWE	EVU	Deutschland
-	MVV Energie AG	EVU	Deutschland
-	Ruhrgas	EVU	Deutschland
-	Verbundnetz Gas AG	EVU	Deutschland

Das Beispiel: "VES Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie"

Zukunftsvision: "Infrastruktur alternativer Brennstoffe"

- **Das Bundesministerium für Verkehr Bau und Wohnungswesen (BMVBW) hat eine "Verkehrswirtschaftliche Strategie" VES auf den Weg gebracht. Aufgaben:**
  - **Flächendeckende Einführung des Markt: alternative Kraftstoffe**
  - **Erstellung von Markteinführungs-Szenarien für alternative Kraftstoffe**
  - **Der alternative Kraftstoff soll:**
    - **möglichst nicht fossilen Ursprungs sein**
    - **CO2-reduziert, im Idealfall emissionsfrei sein**
    - **herstellbar mit Hilfe erneuerbarer Energien sein**
  - **Aufbau eines Vertriebsnetz**
  - **Aufbau einer Tankstellen-Infrastruktur**
  - **Untersuchungen berücksichtigen die Energie-Träger:**
    - **Wasserstoff**
    - **Methanol**
    - **Erdgas**
    - **Grubengas**
    - **Biomassen**
    - **Klärmassen**

Beteiligte Akteure:

-	DaimlerChrysler	Automobil-Hersteller
-	General Motors / Opel	Automobil-Hersteller
-	BMW	Automobil-Hersteller
-	VW	Automobil-Hersteller
-	MAN	Automobil-Hersteller
-	ARAL	Mineralöl-Industrie
-	SHELL	Mineralöl-Industrie
-	BP	Mineralöl-Industrie
-	TotalFinaElf	Mineralöl-Industrie
-	RWE	Energie-Versorgungs-Unternehmen

"Da ist Dampf drin !!!"

Bei einem möglichen Anteil der Brennstoffzelle von 10% an der deutschen Stromversorgung im Jahr 2015 können im Vergleich zu dem heutigen Kraftwerks-Mix:
- ca. 20 Mio. t CO_2

... und im Vergleich zu heutigen Kohlekraftwerken:
- bis zu 50 Mio. t CO_2

... eingespart werden !!

Die Ministerien des Bundes:
- **Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi**
- **Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF**

werden über den **Projektträger Biologie, Energie, Umwelt BEU**
am **Forschungszentrum Jülich** betreut.

5.4 Referenzregionen in der Bundesrepublik Deutschland

In Bayern ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar kurz vor der Flottenreife ihrer Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien steht !

In Nordrhein-Westfalen ist ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches erkennbar innovative Unternehmen in dieser Region bindet !

Nordrhein-Westfalen: Erste Brennstoffzellenflotte Europas in Herten !!

In Baden-Württemberg ist ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches erkennbar führend in der mobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie ist !

In Hamburg ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar die Anwender der Technologien sind !

Im Rhein-Main-Gebiet ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar die Chemie-Unternehmen sind !

In der Region Emscher-Lippe (NRW) entsteht ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches unter Punkt 7.1 "Veränderungsmanagement" vorgestellt wird.

6 Aktivitäten und Potenziale im Ruhrgebiet

In Nordrhein-Westfalen konzentriert sich ein Kompetenz-Netz, welches erkennbar innovative Unternehmen in dieser Region bindet !
Dem Ruhrgebiet steht ein Umbau der Montan-Industrie bevor !!

Kompetenz-Potenziale entstehen stark zunehmend aus ...

- den Innovations-Zentren
- den Energie-Versorgungs-Unternehmen
- der chemischen Industrie
- dem Anlagenbau
- der Elektrotechnik
- der Werkstofftechnik
- der Verfahrenstechnik

... wobei die weitaus größten Potenziale in der Emscher-Lippe-Region zu finden sind !!

6.1 Technologischer Kern der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologie / Forschung und Entwicklung

Zur Verdeutlichung der Potenzial-Konzentrationen habe ich die Listung der "ersten" Akteure nach Städten gegliedert. Die Listung der "ersten" Akteure wird auf Grund der Darstellung der Ursprungs-Potenziale nicht durch einen Wandel der Unternehmensstruktur aktualisiert !
Bereits 2001 deutlich erkennbar:
Hervorgehoben wird auf Grund der Potenzial-Dichte die Emscher-Lippe Region !

- in Düsseldorf:

- **AGEF Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V.**
  - Wissenschaftliche Einrichtungen aus Nordrhein Westfalen haben sich zu einer Arbeitsgemeinschaft an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf zusammengeschlossen.

- in Dortmund:

- **Krupp Uhde GmbH**
  - Die Krupp Uhde GmbH stellt Industrie-Anlagen und Chemie-Anlagen her. Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Anlagen zur Methanolherstellung
    - Anlagen zur Wasserstoffherstellung
    - Elektrolyse
    - Kokereianlagen
    - Anlagen zur Kohlevergasung
    - Dampfreformer zur Synthesegas-Erzeugung

- in Oberhausen:

- **Balcke-Dürr Energietechnik GmbH**
  - Mitglied der weltweit verzweigten EDT Engineering Gruppe.
  - Die Balcke-Dürr Energietechnik GmbH bietet Komponenten, Systeme und Dienstleistungen in der Anlagen- und Verfahrenstechnik an.
    Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Rückkühlung
    - Wärmeübertragung

- **Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Bewertungen und Konzepte zur Bereitstellung elektrischer Energie und thermischer Energie durch Brennstoffzellen
    - Entwicklung: Konzepte: Mini-Brennstoffzellen-Akkus
    - Entwicklung: Konzepte: Gasreinigungsstufen
    - Brenngase
      - Sondergase
      - Grubengas

- in Duisburg:

- **Universität-GHS**
  - Aufbau: **Forschungszentrum Brennstoffzellentechnik**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Kooperation im Fachbereich Maschinenbau mit:
      - BMBF
      - Daimler Chrysler
      - Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme
    - Versuchsanlagen
      - Meßverfahren
      - Untersuchung der Lebensdauer

- in Mülheim:

- **Max-Planck-Institut für Kohleforschung**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Entwicklung: selektive, umweltfreundliche Stoffumwandlungen
    - Entwicklung: Wasserstoffspeicherung

- in Essen:

- **DMT Deutsche-Montan-Technologie - Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Entwicklung: allothermes Verfahren zur Biomassen-Vergasung

- **Universität-GHH Essen**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Fachgebiet: Technik der Energieversorgung und Energieanlagen:
      Arbeitsschwerpunkte:
      - Brennstoffzelle
      - Biomassen-Vergasung
    - Lehrstuhl für ökologisch verträgliche Energiewirtschaft:
      - Betrieb: Photovoltaik-Wasserstoff-Brennstoffzelle am Forschungszentrum Jülich

- **Siloxa Engineering AG**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Entwicklung: Verfahren:
      - Gasreinigung
      - Nutzung von Klärgas

- **RWE Fuel Cells GmbH**
  - RWE unterstreicht mit der Ausgründung in die RWE Fuel Cells GmbH die große Bedeutung der Brennstoffzelle für das Unternehmen !
    - Im Rahmen von Studien und Entwicklungsvorhaben mit verschiedenen Brennstoffzellen-Herstellern sowie zahlreichen Pilotprojekten engagiert sich RWE seit 1991 intensiv in der Weiterentwicklung dieser revolutionären Technologie.

- In der Emscher-Lippe-Region:

- in Gelsenkirchen:

- **Hydrogenics Europ Group** (Tochter der Hydrogenics Canada)
  (ehem. ENKAT Gesellschaft für Energiesysteme und Katalyse mbH)
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Planung, Entwicklung und Bau:
      - katalytische Abgasreinigungsanlagen
    - Verfahrenstechnik:
      - Überprüfung und Qualitätskontrolle
        - Brennstoffzellen
        - Brennstoffzellen-Anlagen

- **E.ON Engineering GmbH**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Partner des NRW-Feldtest: Virtuelles Kraftwerk
      - Elektrische Anbindung der Brennstoffzellen-Anlagen

- **ELE Emscher Lippe Energie GmbH**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Partner des NRW-Feldtest: Virtuelles Kraftwerk
      - Feldtestbetreiber
        - Contracting für den Betrieb in Wohnhäusern

- **EUS Gesellschaft für innovative Energieumwandlung und -speicherung mbh**
  im **Wissenschaftspark Gelsenkirchen**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Partner des NRW-Feldtest: Virtuelles Kraftwerk
      - Entwicklung: Betriebsmanagement-System
    - Erprobung: PEMFC-Heizgerät zur Hausenergie-Versorgung
      - Partner: Vaillant GmbH Remscheid
    - Projektierung, Errichtung, System-Integration: PEMFC-BHKW
      - Partner: Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT

- in Bottrop: Umzug nach Essen:

- **RAG Bildung**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Qualifizierungsmaßnahmen für alle Berufsgruppen
      - Die im Forschungszentrum Jülich entwickelten Bildungsmaßnahmen können von der RAG Bildung zum Umbau der Montan-Industrie übernommen werden.
    - Veränderungsmanagement in der Emscher-Lippe-Region
      - Kapitel 7.1
      - Unterstützung und Förderung einzelner Projekte

- Geplant: "Wasserstoff-Sielung": Energieversorgung durch Brennstoffzellen-BHKW

- in Recklinghausen:

- **DGB Region Emscher-Lippe**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Veränderungsmanagement in der Emscher-Lippe-Region
      - Kapitel 7.1
      - Unterstützung und Förderung einzelner Projekte

- in Gladbeck:

- **atech innovations GmbH**
  im **Innovationszentrum Wiesenbusch**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Herstellung:
      - Keramik-Membranen
      - Edelstahlgehäuse

- **in Marl:**

  - **IHR Industrietechnik Höbing + Reil GmbH**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Entwicklung: Brennstoffzellen-Bus
        - Partner:
          - Neoplan
          - De Nora
          - DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
        - Beschaffung: Komponenten
        - Einbau der Elemente in den Bus
          - Versuchsprogramm im Linienbetrieb

  - **Vestolit GmbH**
    im **Chemiepark Marl**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Wasserstoff-Produktion durch Elektrolyse

  - **Oxeno Olefinchemie GmbH**
    im **Chemiepark Marl**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Wasserstoff-Produktion in einer Anlage

  - **Allied Resource (USA)** (ehem. KWH - Katalysatorenwerke Hüls GmbH)
    im **Chemiepark Marl**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Herstellung: Katalysatoren, zur Abgasreinigung

  - **Creavis**
    im **Chemiepark Marl**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Herstellung: Membranen für PEMFC

  - **Air Liquide**
    im **Chemiepark Marl**
    - Wasserstoff-Abfüllanlage
      - Wasserstoff-Versorgung für Kleinstanwendungen
        - Befüllung, Speicherung und Logistik für Druckkartuschen

  - **Linde**
    im **Chemiepark Marl**
    - Wasserstoff-Anlagenbau
    - Wasserstoff-Produktion, Speicherung und Logistik für die Industrie

- in Herten:

- **Zukunftszentrum Herten**
  - H.T.V.G. Hertener Technologie und Vermögensverwaltung GmbH
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Branchenmix und Kompetenz

- **Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum Herten**
  - H2Herten -
  auf demGelände der ehemaligen Zeche Ewald
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Unternehmensansiedlungen
    - Fokus: Markt-Potenziale und Markteinführung

- **"Projekt Ewald"**
  Gelände der stillgelegten Zeche Ewald: 53 ha !!
  - Konzentrierte Ansiedlung der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Industrie
    - Komponentenentwicklung für Brennstoffzellen
    - Verfahren zur Herstellung eines hoch reinen Brenngases
    - Prüftechnologien für komplette Brennstoffzellensysteme
    - Entwicklung einer Produktionstechnologie für die Serienfertigung von Mini-Brennstoffzellen

- **Masterflex**
  im **Zukunftszentrum Herten**
  - Herstellung: Mini-Brennstoffzellen für die Elektronik: - Laptops
    - Handys
  - Entwicklung: Brennstoffzellen für Geräte: - Rasenmäher etc.
  - Herstellung: Brennstoffzellen-Fahrräder

- **IdaTech**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Brennstoffzellen-Entwicklung und -Bau

- **Proton Motor Fuel Cells**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Brennstoffzellen-Entwicklung und -Bau

- **Weitere Ansiedlungen stehen bevor !!**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - u.a. Service-Netzwerk für Anwender
    - u.a. Qualifizierungs-Netzwerk für alle Berufsgruppen
    - opreativer Standort des EU-Projektes HyChain Minitrans

- **Europas erste Brennstoffzellen-Flotte !!**

6.2 Kompetenzverbund: Wasserstoffgewinnung regenerativ

Solarenergie ist flukturierender Natur und somit aktuell nicht verknüpft mit der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Industrie !!
In Gelsenkirchen befindet sich die zur Zeit weltweit modernste Solarmodul-Produktion der FLABEG Solar International GmbH !!
Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Solar-Energiegewinnung werden im Wissenschaftspark Gelsenkirchen geleistet.
Zur Zeit der blühenden Montan-Industrie im Ruhrgebiet hieß Gelsenkirchen "die Stadt der tausend Feuer"; wenn es gelingt, den Wirkungsgrad der Module zu verbessern und die Kosten der Module zu verringern, kann Gelsenkirchen die Stadt der tausend Module werden.

Biomassen finden in der Wasserstoff-Industrie stark wachsendes Interesse !!
In Herten entsteht, nachdem 2002 die Pilot-Anlage "Blue Tower" der Dr. Mühlen GmbH in Betrieb gegangen ist, eine Industrie-Anlage.
Die **Pilot-Anlage** zur gestuften Reformierung von biogenen Reststoffen hat eine Leistung von **1 MW_{th}** .
Die **kommerzielle Anlage** wird eine Leistung von **10 MW_{th}** erreichen und voraussichtlich 2005 in Betrieb gehen !!

6.3 Kompetenzverbund: Wasserstoffgewinnung fossil

Zur Verdeutlichung der Potenzial-Konzentrationen habe ich die Listung der Akteure nach Städten gegliedert.

Zuvor sind aber noch zu betrachten:

- **Deutsche Steinkohle AG** (Tochter der RAG AG)
  - Fördermenge der Steinkohle im Ruhrgebiet: ca. 32 Mio. t/a
  - Erzeugung von Koks im Ruhrgebiet: ca. 4,5 Mio. t/a
    - Entstehende Gase: Direkteinspeisung in Netze, Direktversorgung
    - Kokerei Prosper in Bottrop: Wasserstoff-Erzeugung aus Koksofen-Gas

- **Rheinbraun AG** (Tochter der RWE Power)
  - Fördermenge der Braunkohle im Rheinland: ca. 96,8 Mio. t/a
    - zur Stromerzeugung dienen ca. 84 Mio. t/a
    - zur Veredelung dienen ca. 12,8 Mio. t/a
  - Potentiale:
    - Wasserstoffwirtschaft: Rheinbraun befindet sich in Warte-Stellung, um ggf. durch die Synthesegas-Gewinnung in der Methanol- und Wasserstoff-Industrie ein zusätzliches Standbein auszubauen.
    - Kooperationen bestehen mit:
      - RWE Power
      - Forschungszentrum Jülich
      - Siemens
      - Daimler Chrysler

- **in Essen:**

  - **Ruhrgas AG**
    - Bundesweites Gas-Netz: ca. 10.400 km
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Beteiligung an BHKW-Projekten

- **in Dortmund:**

  - **Westfälische Ferngas AG** (RWE Power)
    - Gas-Netz: ca. 18.000 km
    - Transport-Netz: ca. 4.500 km
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Beteiligung an BHKW-Projekten

- **in Hattingen:**

  - **Air Products GmbH**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Weltweit führend als Hersteller und Lieferant von Wasserstoff
      - Errichtung und Installation der Wasserstoff-Technologie

- **in Marl:**

  - **Air Liquide** (BOC Gase GmbH)
    im **Chemiepark Marl**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - Wasserstoff-Pipeline: ca. 260 km
        - vom nördlichen Ruhrgebiet bis Leverkusen
          - Angebunden sind u.a.:
            - Ruhrchemie
            - VEBA
            - Henkel
            - Bayer

6.4 Kompetenzverbund: Anwendung: mobil

Mehrere Automobilunternehmen kündigen für 2008 / 2009 die Einführung erster Flotten brennstoffzellenbetriebener Fahrzeuge an und drängen zum Aufbau eines Wasserstoff-Tankstellennetzes.

Die Entwicklungsarbeit an den Brennstoffzellen-Antrieben ist bereits zu einem echten Wettbewerbsfaktor gereift. Die Brennstoffzellen-Antriebe sind "die" wirtschaftliche Chance zur Optimierung, zur Sicherung und zum Ausbau der High-Tech-Arbeitsplätze und der Unternehmenserfolge in der deutschen Wirtschaft.

Somit gilt auch hier:
Ein Erfolg der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb hängt ganz entscheidend von dem Beginn und dem Tempo der Transformations-Prozesse in allen betrieblichen Strukturen ab, was Kooperationswillen und Umformung der betrieblichen Weiterbildung voraussetzt.

In NRW ist die Adam Opel AG mit ihren drei Werken in Bochum ansässig.
Die Adam Opel AG wird in ihrem Opel Zafira einen Brennstoffzellen-Antrieb anbieten und damit ihr Angebot an alternativen Antrieben erweitern.
Das Zentrum für alternative Antriebe der Adam Opel AG befindet sich in Mainz.

In NRW ist die Brennstoffzellenentwicklung von Ford in Aachen ansässig.

Der Produktionsstandort Nordrhein-Westfalen ist relevant als Zuliefer-Industrie !!!
- Tanks
- Brennstoff
- Brennstoff-Systeme
- Brennstoffzelle
- Reformer
- Sensoren
- etc.

Mit Beginn der Flotten-Betriebe von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen-Antrieb werden zunehmend die strategischen Überlegungen bezüglich der Standorte relevant:

- **Die Nähe zu den Volumen-Märkten:**
  - **Das Energieland Nordrhein-Westfalen:** größter Energie-Erzeuger
  - **Das Ruhrgebiet:** wirtschaftlicher Ballungsraum
  - **Der Kreis Recklinghausen** in der Region Emscher-Lippe: bevölkerungsreichster Kreis der Bundesrepublik Deutschland

- **Versorgungssicherheit des Energieträgers Wasserstoff**
  - **die Rolle der EVU´s:**
    - Erdgasversorgung: Reformer sind längst kein technisches Novum mehr.
  - **Chemiepark Marl (Air Liquide):**
    - Aktuell: Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur.
  - **H2Herten:**
    - Aktuell: Ausbau der Brennstoffzellen-Anwendungen
    - Aktuell: Aufbau eines Service-Standortes rund um das Thema Anwendungen
  - **Köln: InfraServ & OperaThing:**
    - gründen Interessengemeinschaft Wasserstoff IG H2 in Hürth mit dem Ziel, Wasserstoff (H2) als Energieträger intensiv zur Anwendung zu bringen und nutzbar zu machen.

- **Die Nähe zu den Servie-Technikern:**
  - Mit Beginn der Flotten-Betriebe kommt nicht mehr auf jedes Fahrzeug ein Mitarbeiter.
  - Ford (Aachen) und Opel (Bochum) haben eine komfortable Nähe.
  - Ebenso komfortabel sind die Anschluß-Potenziale für bereits bestehende Projekte.

Im Zuge der Globalisierung hat der Konkurrenzkampf auch unter den Standorten stark zugenommen.

Die Region Emscher-Lippe kann in Europa bereits einen komfortablen Standort-Vorsprung darstellen:

- die Wasserstoff-Infrastruktur durch den **Chemie-Park Marl**:
  - **Air Liquide**
    - Die **Wasserstoff-Pipeline** durch NRW (**250km**) beginnt in Marl und verläuft u.a. in Herten (**H2Herten**) über der Erde.
  - **Linde** etc.
- **H2Herten**: die erfolgreiche Ansiedlung von **führenden Brennstoffzellen-Herstellern**
- **H2Herten**: **Europas erste Brennstoffzellen-Flotte**
- **H2Herten**: konstruktive Arbeit am regionalen **Qualifizierungs-Netzwerk für alle Berufsgruppen** mit der **Industrie** und der **Forschung**
- **Region Emscher-Lippe**: **EU-Projekt HyChain Minitrans**

Aus diesem Grund wird der Wettbewerbsvorteil in der Region Emscher-Lippe genutzt, indem das Jahr 2006 als das Jahr des StartUp gilt mit dem Ziel des Ausbaus der Wasserstoff-Infrastruktur mit Fokus auf die gesamte Wertschöpfungskette.
Die regionale Netzwerkarbeit in der Emscher-Lippe Region ist bereits europaweit auf Interesse gestoßen.

6.5 Kompetenzverbund: Anwendung: stationär

Mit Senkung der Systemkosten der Brennstoffzellen-Aggregate durch die Serien-Produktion gelingt es, der Energiewirtschaft die kostengünstigste aller Stromerzeugungstechniken zur Verfügung zu stellen !

Die dezentrale Energieversorgung ist für die Energie-Versorgungs-Unternehmen in der Tat ein Paradigmen-Wechsel !!
Nahezu alle Energie-Versorgungs-Unternehmen, als auch die Branchen Elektrotechnik, Anlagenbau und Chemie bereiten sich hoch konzentriert auf den Markteintritt der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien vor.

Zur Verdeutlichung der Potenzial-Konzentrationen habe ich die Listung der Akteure nach Städten gegliedert.
Die größte Potenzial-Konzentration besteht in Essen !
An diesem Standort finden sich verstärkt die Energie-Versorgungs-Unternehmen.
Dies unterstreicht die Feststellung unter Kapitel 5.2:
"Zu den wichtigsten Akteuren ... gehören neben ...
die Energie-Versorgungs-Unternehmen !!

Im Fokus: die EVU´s !

In NRW existieren bereits eine Vielzahl von Brennstoffzellen-Pilot-Projekten !
Eine Listung der Akteure würde nicht den wahren Kompetenz-Status in der Region aufzeigen, da die Entwicklung zur Serienreife nur durch finanzstarke Partner verwirklicht werden kann !
Bei Betrachtung der Zeitachse bis zur Einführung der wirtschaftlichen Serien-Produkte muss ein Förderbuckel überwunden werden von ca. 10 Jahren.

- in Essen:

- **RWE Power**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Der Kraftwerksbetreiber sieht die enormen Potentiale in der dezentralen Energieversorgung und fördert auf dem Meteorit-Gelände in Essen die Entwicklung der Hoch-Temperatur-Brennstoffzellen im Kraftwerks- und BHKW-Einsatz.
    - Das bisherige Konzernprojekt "Brennstoffzellen" ist seit März 2002 sebständig. Mit der Ausgründung in die RWE Fuel Cells GmbH unterstreicht RWE die große Bedeutung der dezentralen Energie-Versorgung für den Konzern.

- **RWE Fuel Cells GmbH**
  - Die RWE Fuel Cells GmbH ist mit MTU an der Entwicklung einer MCFC beteiligt !
  - Mit Ausgründung der RWE Fuel Cells GmbH gilt dem "Big Player" RWE in der Brennstoffzellen-Technologie besondere Aufmerksamkeit.

- **Steag AG**
  - Der Kraftwerksbetreiber ist bereits aktiv in der Brennstoffzellen-Entwicklung.
  - Durch das "Fusions-Karussel" unter den EVU´s ist die künftige Einordnung des Unternehmen äußerst wichtig !

- **Ruhrgas AG**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Das Ruhrgas Entwicklungszentrum hat seinen Sitz in Dorsten. Hier werden Entwicklungen rund um das Erdgas durchgeführt.

- in Bochum:

- **Thyssengas AG**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Das Unternehmen ist maßgeblich an der Entwicklung einer SOFC-Anlage auf dem **Meteorit-Gelände in Essen** beteiligt.

- in Hannover:

- **E.ON Kraftwerke GmbH**
  - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
    - Der Kraftwerksbetreiber sieht die enormen Potentiale in der dezentralen Energieversorgung.
    - Mit der E.ON Engineering GmbH in Gelsenkirchen unterstreicht E.ON die große Bedeutung der dezentralen Energie-Versorgung für den Konzern.

- **in Gelsenkirchen:**

  - **E.ON Engineering GmbH**
    - Von hier aus werden Brennstoffzellen-Projekte gestartet.
    - Mit der E.ON Engineering GmbH gilt dem "Big Player" E.ON in der Brennstoffzellen-Technologie besondere Aufmerksamkeit.
      - NRW-Feldtest:
        - konzentriert sich auf die elektrische Anbindung der Brennstoffzellen-Anlagen

  - **ELE Emscher Lippe Energie GmbH**
    - Schwerpunkte bezüglich der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien:
      - NRW-Feldtest:
        - beschäftigt sich mit dem Contracting für den Betrieb in Wohnhäusern

6.6 Industrie- und Strukturpolitische Entwicklung

In Nordrhein-Westfalen existiert die **Landesinitiative Zukunftsenergien NRW** :
- "Neu denken, entschlossen handeln !"

Hier ist das **Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW** zu finden, mit dem
- Leitspruch: "Zusammenkommen ist der Anfang, Zusammenarbeiten ist der Erfolg !"

Das erklärte Ziel des Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW:
- "Durch die **Bündelung** vorhandener und die **Schaffung** neuer **Kompetenz** die **Stärkung** des Produktions- und Forschungs-Standort NRW auf dem Gebiet der Brennstoffzellen-Technik."

Nordrhein-Westfalen kann als bedeutendste Energieregion Europas auch bei der Brennstoffzellen-Technik eine Spitzenrolle übernehmen !!
Der Brennstoffzelle wird für die Energieversorgung im 21. Jahrhundert eine ähnlich revolutionäre Rolle, wie früher der Dampfmaschine zugetraut !

Bisher hat das Land NRW zahlreiche Brennstoffzellen-Projekte im Gesamt-Volumen von über 75 Mio. Euro mit 40 Mio. Euro an öffentlichen Mitteln unterstützt !
Im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW hat Ernst Schwanhold am 10.04.2000 das Kompetenz-Netzwerk NRW gegründet.
Es werden in Fortführung und Intensivierung der Tätigkeiten der entsprechenden Arbeitsgruppen vorhandene Erfahrungen auf dem Gebiet der Brennstoffzellen-Technik gebündelt.
Neue Kompetenzfelder werden geschaffen, zur Stärkung des Produktion- und Forschungs-Standort NRW auf dem Gebiet der Brennstoffzellen-Technik.

Ziele des Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW :

- Zusammenführung von Wissenschaft und Wirtschaft
- Kooperationsprojekte mit Industrie und Forschung
- Identifizierung und Integration weiterer Unternehmen
- Einbindung zusätzlicher Forscher und Forschungseinrichtungen
- Ansiedlung und Stärkung von Herstellern:
  - Brennstoffzellen-Systeme
  - Brennstoffzellen-Komponenten

Die Mitgliederanzahl aus Wirtschaft und Wissenschaft im Netzwerk hat die Zahl 200 längst überschritten, womit das Potenzial in NRW bei weitem nicht ausgeschöpft ist ! Unternehmen und Institute, die bislang noch nicht auf dem Gebiet Brennstoffzellen-Technik arbeiten, die aber mit ihrem "know how" wertvolle Beiträge in der System-Integration etc. leisten könnten, sind aufgefordert, Mitglied im Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle NRW zu werden ! Unternehmen und Institute z.B. aus:

- der Chemie
- der Werkstofftechnik
- dem Maschinenbau
- dem Apparatebau
- der Verfahrenstechnik
- der Elektrotechnik

Die Geschäftsstelle des Netzwerk hat ihren Sitz im:
Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung
Eine Außenstelle wurde in Herten bei der ELA Emscher Lippe Agentur GmbH eingerichtet.

4. Jahrestreffen Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW

am 07.Juli 2004 im Informationszentrum am Chemiepark Marl:

Programm:

- Brennstoffzellenforschung in Nordrhein-Westfalen
- Internationale F&E - Aktivitäten zum Themenfeld "Brennstoffzellen und Wasserstoff"
- Europäische F&E - Aktivitäten zum Themenfeld "Brennstoffzellen und Wasserstoff"
- Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Aktivitäten in den USA und in Kanada
- Brennstoffzelle und Wasserstoff in NRW - Option und Herausforderung
- Wasserstoffversorgung für Kleinstanwendungen - Befüllung, Speicherung und Logistik für Druckkartuschen
- 4 Jahre Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wassersrtoff NRW
- Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Projekte in NRW
- Kontinuierliche Produktionstechnik von Brennstoffzellen-Komponenten
- Wärmetauscher für Karbonat-Brennstoffzellen
- Komponentenentwicklung für Brennstoffzellen-Fahrzeuge am Beispiel des H_2-Sicherheitssensors und des Ventil-Verdicher-Expander-Prüfstandes
- 700 bar Wasserstofftanksysteme für PKW
- Altölaufbereitung zu hydrierten Grundölen - Stand der Technik
- Nutzungsanwendung der Brennstoffzelle in den Kabinensystemen
- Einsatz von Brennstoffzellen-Systemen in der Ernährungsindustrie - Vorstellung der Projektergebnisse
- Besichtigung der H_2-Abfüllanlage der Air Liquide im Chemiepark Marl

6.7 Potenzialbewertung: Vergleich mit den Referenzregionen

Auszug aus dem Kapitel 5.4 "Referenzregionen in der Bundesrepublik Deutschland" :

A) **In Bayern ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar kurz vor der Marktreife ihrer Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien steht !**

B) **In Nordrhein-Westfalen ist ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches erkennbar innovative Unternehmen in dieser Region binden kann !**

C) **In Baden-Württemberg ist ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches erkennbar führend in der mobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie ist !**

D) **In Hamburg ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar die Anwender der Technologien sind !**

E) **Im Rhein-Main-Gebiet ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar die Chemie-Unternehmen sind !**

F) **In der Emscher-Lippe-Region entsteht ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches unter Punkt 7.1 "Veränderungsmanagement" vorgestellt wird.**

A) **In Bayern ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar kurz vor der Marktreife ihrer Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien steht !**

Der erkennbar weite Entwicklungsstand der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie in Bayern basiert auf die sehr frühe Netzwerkbildung der Industrie mit der Forschung !
Schon sehr früh wurden Kräfte in Pilotprojekten gebündelt, durch offenen Umgang und Aktivitäten in Selbstträgerschaft.
Dies holt NRW derzeit stark nach, mit Hilfe des unter Kapitel 6.6 vorgestellten Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW !!

C) **In Baden-Württemberg ist ein stark konzentriertes Kompetenz-Netz, welches erkennbar führend in der mobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie ist !**

Der erkennbar weite Entwicklungsstand der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie in Baden-Württemberg im Betreff mobile Nutzung basiert auf den Leitunternehmen, der Automobil-Industrie, die diese Technologie als revolutionär erkannt und schon sehr früh gefördert hat.
Schon sehr früh wurden Kräfte in Pilotprojekten gebündelt, durch offenen Umgang und Aktivitäten in Selbstträgerschaft.

D) **In Hamburg ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar die Anwender der Technologien sind !**

Der erkennbar weite Entwicklungsstand der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie in Hamburg im Betreff stationäre Nutzung basiert auf den lokalen Energie-Versorgungs-Unternehmen, die diese Technologie als revolutionär erkannt und schon sehr früh gefördert hat.
Schon sehr früh wurden Kräfte in Pilotprojekten gebündelt, durch offenen Umgang und Aktivitäten in Selbstträgerschaft.
Diese Region stellt aber bei weitem nicht so viele innovative Unternehmen in den Bereichen Brennstoffzellen-Systeme, Brennstoffzellen-Komponenten, Chemie, Anlagenbau, Apparatebau und Energie-Versorgungs-Unternehmen wie Nordrhein-Westfalen !!

E) **Im Rhein-Main-Gebiet ist ein stark konzentriertes Unternehmens-Netz, welches erkennbar die Chemie-Unternehmen sind !**

Der erkennbar weite Entwicklungsstand der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie im Rhein-Main-Gebiet im Betreff Brennstoffe basiert auf dem hohen Potential an Unternehmen der Chemie.
Hier kann Nordrhein-Westfalen aber auch viele Leitunternehmen der chemischen Industrie aufweisen !

7 Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Im Fokus: Chancen des Ruhrgebiet:

- **Zusammenfassung:**
  - Entwicklungs-Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie
  - Regional-Programme / Regional-Projekte
  - Potenzial-Verknüpfung durch Kompetenz-Netzwerk-Bildung der Wirtschaft und der Bündelung in Steuerungsgruppen und innovative Arbeitsteams
  - Kommunikation fördern / Partner werben durch lokale Identität
  - Potenzial-Entwicklung der Energieträger
  - Leitunternehmen als Entwicklungs-Potenzial

Als Basis einer Schlußfolgerung dienen Kernaussagen der erarbeiteten Kapitel !!

- **Auszug aus dem Kapitel 6.4 "Kompetenzverbund: Anwendung" :**

Die Entwicklungsarbeit an den Brennstoffzellen ist bereits zu einem echten Wettbewerbsfaktor gereift. Die Brennstoffzellen sind "die" wirtschaftliche Chance zur Optimierung, zur Sicherung und zum Ausbau der High-Tech-Arbeitsplätze und der Unternehmenserfolge in der deutschen Wirtschaft.
Ein Erfolg der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb hängt ganz entscheidend von dem Beginn und dem Tempo der Transformations-Prozesse in allen betrieblichen Strukturen ab, **was Kooperationswillen und Umformung der betrieblichen Weiterbildung voraussetzt.**

- **Auszug aus dem Kapitel 6 "Aktivitäten und Potenziale im Ruhrgebiet" :**

In Nordrhein-Westfalen konzentriert sich ein Kompetenz-Netz, welches erkennbar innovative Unternehmen in dieser Region bindet !
Dem Ruhrgebiet steht ein Umbau der Montan-Industrie bevor !!

Kompetenz-Potenziale entstehen stark zunehmend aus ...
- den Innovations-Zentren
- den Energie-Versorgungs-Unternehmen
- der chemischen Industrie
- dem Anlagenbau
- der Elektrotechnik
- der Werkstofftechnik
- der Verfahrenstechnik

... wobei die weitaus größten Potenziale in der Emscher-Lippe-Region zu finden sind !!

- **Auszug aus dem Kapitel 6.6 "Industrie- und Strukturpolitische Entwicklung" :**

In Nordrhein-Westfalen existiert die **Landesinitiative Zukunftsenergien NRW** :
- "Neu denken, entschlossen handeln !"

Hier ist das **Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW** zu finden, mit dem
- Leitspruch: "Zusammenkommen ist der Anfang, Zusammenarbeiten ist der Erfolg !"

Das erklärte Ziel des Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW:
- "Durch die **Bündelung** vorhandener und die **Schaffung** neuer **Kompetenz** die **Stärkung** des Produktions- und Forschungs-Standort NRW auf dem Gebiet der Brennstoffzellen-Technik."

Ziele des Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW :
- Zusammenführung von Wissenschaft und Wirtschaft
- Kooperationsprojekte mit Industrie und Forschung
- Identifizierung und Integration weiterer Unternehmen
- Einbindung zusätzlicher Forscher und Forschungseinrichtungen
- Ansiedlung und Stärkung von Herstellern:
  - Brennstoffzellen-Systeme
  - Brennstoffzellen-Komponenten

Die Geschäftsstelle des Netzwerk hat ihren Sitz im:
Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung
Eine Außenstelle wurde in Herten bei der ELA Emscher Lippe Agentur GmbH eingerichtet.

- **Auszug aus dem Kapitel 5.1 "Forschung und Entwicklung" :**

Im Betreff Brennstoffzellen-Technologien wird Entwicklungsarbeit in folgenden Schwerpunkten geleistet:
- Abgasanlagen
- Elektromotoren
- Elektrotechnik
- Gasaufbereitung
- Getriebe
- Brennstoffe
- Brennstoffspeicher
- Brennstoffbetankung
- Wasserstoff
- Kühlsysteme
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Stacks
- Reformer
- Elektrolyseure

Auf Grund der bevorstehenden Marktreife wird die Bündelung des "know how" massiv gefördert. Innovations-Teams bilden Kompetenz-Netzwerke.
Das vierte Wuppertaler Brennstoffzellen-Symposium ist wieder ein Kooperationsprodukt der Energieagentur NRW, der Technischen Akademie Wuppertal sowie des Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle NRW gewesen. Rund 60 Fachleute (technische Leiter von Betrieben, Energie- und Umweltbeauftragte aus Kommunen, Entwicklungs-Ingenieure, Energieberater, Anlagenbauer, Vertreter von Handwerksfach- und Versorgungsverbänden sowie Mitarbeiter von Universitäten und Forschungs-Instituten) informierten sich über den Stand der Markteinführung dieser umweltfreundlichen Technologie. Um über ihre Erfahrungen mit einem Brennstoffzellen-Heizgerät sowie dem Einsatz von Brennstoffzellen im Klein-BHKW zu berichten, waren diesmal **auch Experten aus der Schweiz und aus Australien** angereist.

Leitunternehmen als Entwicklungs-Potenzial :

- **Auszug aus dem Kapitel 6.5 "Kompetenzverbund Anwendung" :**

Mit Senkung der Systemkosten der Brennstoffzellen-Aggregate durch die Serien-Produktion gelingt es, der Energiewirtschaft die kostengünstigste aller Stromerzeugungstechniken zur Verfügung zu stellen !

Die dezentrale Energieversorgung ist für die Energie-Versorgungs-Unternehmen in der Tat ein Paradigmen-Wechsel !!
Nahezu alle Energie-Versorgungs-Unternehmen, als auch die Branchen Elektrotechnik, Anlagenbau und Chemie bereiten sich hoch konzentriert auf den Markteintritt der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien vor.

- **Auszug aus dem Kapitel 5.2 "Unternehmen, Kooperationen und Projekte" :**

Die bereits erwähnte Bildung von strategisch arbeitenden Allianzen beweist die Intensität, mit der die Wirtschaft die Sicherung der Wettbewerbsvorteile voranzutreiben versucht ! Durch internationale Bündelung der Zukunfts-Energieträger und Zukunfts-Technologien soll das Ziel "Vorteilssicherung" mit dem größt möglichen "know how" umgesetzt werden.

Zu den wichtigsten Akteuren dieser strategischen Allianzen gehören neben
- der Maschinenbau-Industrie
- der Anlagenbau -Industrie
- der Automobil-Industrie
- der Heizungstechnik

die Energie-Versorgungs-Unternehmen !!

- **Auszug aus dem Kapitel 5.1 "Forschung und Entwicklung" :**

Von strategischer Bedeutung für Energie-Versorgungs-Unternehmen ist, dass sie sich angesichts der Liberalisierung der Energiemärkte vom reinen Energie-Lieferanten zum umfassenden Dienstleister entwickeln.

- **Auszug aus dem Kapitel 5.2 "Unternehmen, Kooperationen und Projekte" :**

Auf Grund der Liberalisierung der Energie-Märkte hat weltweit eine Neustrukturierung der Energie-Versorgungs-Unternehmen begonnen:
Strategische Firmen-Übernahmen und kartellamtlich auferlegte Netzwerk-Lösungen durch Anteils-Verkauf an Unternehmen bestimmen ein gemeinsames Ziel: "**WIN"**

"WIN" (engl.) = "gewinnen" :

W	**=**	**Wettbewerb**
I	**=**	**Innovation**
N	**=**	**Neuorganisierung**

- **Auszug aus dem Kapitel 4.3 "Marktentwicklung und Stand der Technik" :**

Die Energie-Versorgungs-Unternehmen RWE und E-ON haben den Abbau von Kraftwerks-Überkapazitäten angekündigt.
Eine reelle Chance für die Brennstoffzelle in Großkraftwerken findet man wohl kaum in der Kraftwerkserweiterung, sondern vielmehr in der Subventionierung alterungsbedingter Stillegungen.

Großkraftwerke verfügen durch die Brennstoffzellen-Technologie über das größte Wirkungsgrad-Potential von ca. 70% !
In diesen Anlagen kann das Erdgas oder auch das Grubengas mit internem Reformer einer SOFC oder MCFC als Brennstoff genutzt werden.
Bereits in der Erprobung sind Anlagen mit Leistungen von 200 kW bis zu 2 MW.

Potenzial-Entwicklung der Energieträger :

- **Auszug aus dem Kapitel 3 "Brennstoffeinsatz" :**

Die Basis einer Volkswirtschaft, wie wir sie heute in Deutschland haben, ist die Bereitstellung von Energie !
Die Ressourcen der ohne großen Aufwand zu fördernden flüssigen und gasförmigen fossilen Brennstoffe (Kohlenwasserstoffe) sind "bald" aufgebraucht. Nach einer Statistik reichen die Erdölvorkommen bei dem derzeitigen Jahresverbrauch von 3,4 Mrd. t noch für rund 42 Jahre. Fügt man der Berechnung das sogenannte "unkonventionelle" Erdöl, wie Schweröl oder Teersande hinzu, reichen die Vorkommen noch 100 Jahre.

Mittel- bis langfristig wird sich Wasserstoff auf jeden Fall als alternativer Kraftstoff durchsetzen !
Der Kraftstoff Wasserstoff ist völlig unabhängig von der Mineralöl-Industrie.
Die Perspektive für die Zukunft ist die direkte Nutzung von Wasserstoff.

- **Auszug aus dem Kapitel 3.3 "Grubengas" :**

Nach der vermehrten Stillegung von Bergwerken ist das Interesse am Grubengas als mögliche zusätzliche Energie-Quelle ständig gewachsen.
Auch nach Beendigung des Bergbaus entweichen aus alten Bergwerken mehr als 120 Mio. Nm³ Gas pro Jahr ungenutzt in die Atmosphäre.
Der hieraus folgende Gasdruckabfall führt wiederum zur Freisetzung des adsorptiv gebundenen Gas. Dieser Effekt ist mit einer Sektflasche vergleichbar, bei der, ist einmal der Korken entfernt, die Kohlensäure solange perlt, bis keine mehr vorhanden ist.
Bundesweit werden in aktiven und stillgelegten Bergwerken 1,5 bis 1,7 Mrd. Nm³ Grubengas pro Jahr freigesetzt !!!

Es besteht ein starkes öffentliches Interesse an dem Thema Grubengas.
Es erfolgte die Aufnahme von Grubengas in das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).
Dadurch lassen sich ein Teil der Kosten für ein Brennstoffzellen-BHKW kompensieren.
Die Voraussetzung für eine umwelt- und ressourcenschonende Energieerzeugung ist somit geschaffen !

- **Auszug aus dem Kapitel 3.5 "Biogas" :**

Biogas aus Biomassen ist eine bereits ausgereifte Technik, die gegenwertig immer weiter optimiert wird. Die Industrie hat die Produktion des Wasserstoff und hochwertiger Gase aus biologischen Reststoffen und biologischen Abfallstoffen entdeckt !!!

Das formulierte Ziel der EU "Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger":
Im Jahr 2010 soll der Anteil der regenerativen Primärenergien 12% betragen.
3/4 der Zuwachsrate der regenerativen Primärenergie soll die Biomasse beitragen.

- **Auszug aus dem Kapitel 3.6 "Klärgas" :**

Die GEW Köln AG betreibt eine Brennstoffzellen-Anlage zur Strom- und Wärmeerzeugung auf dem Gelände des Klärwerkes Köln-Rodenkirchen.
Die Besonderheit dieses Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerkes ist der in Europa erstmalige Einsatz von Klärgas als Brennstoff.
Die jährliche Kohlendioxid-Reduktion beträgt bis zu 1000 Tonnen.

Die Zusammenfassung der Kernaussagen zeigt, daß die Entwicklungspotenziale in Nordrhein-Westfalen zahlreich sind und ein fundiertes "know how" in den Leitunternehmen ebenfalls zahlreich vorhanden ist.

Kooperationswille und Umformung der betrieblichen Weiterbildung sind der Garant für den Erfolg der Industrie im internationalen Wettbewerb !!
Unternehmerischen Erfolg im Wettbewerb "Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie" verspricht in Nordrhein-Westfalen die **" Emscher-Lippe-Region "** !!!

Das entstandene Netzwerk in der Emscher-Lippe-Region basiert auf fundierten Industrie- und Strukturpolitischen Entwicklungen !
Die Emscher-Lippe-Region erfährt einen Umbau. Die ursprüngliche Montan-Region hat sich äußerst erfolgreich und zukunftsorientiert neu aufgestellt !
Regionale Schwerpunkte heben sich bereits heute sehr deutlich hervor:
- Energie-Wirtschaft
- Zukunfts-Technologien
- Chemie
- Wasser
- Anlagenbau
- Naherholung
- Wellness
- Gesundheitswirtschaft
- Dienstleistungen

Für Nordrhein-Westfalen entstehen aktuell hoch interessante Projekte zur Brennstoff-Gewinnung aus nicht fossilen Energieträgern.
Auch hier ist im besonderen die Emscher-Lippe-Region zu nennen !
In der Emscher-Lippe-Region ist die Landwirtschaft stark vertreten; die Biomasse ist ein sehr bedeutender Energieträger der regenerativen Primärenergien !!
In der Emscher-Lippe-Region ist der Bergbau stark vertreten; das Grubengas ist mit seinem Methan-Gehalt von ca. 70 % ein weiterer sehr bedeutender Energieträger der regenerativen Primärenergien !!

7.1 Veränderungsmanagement in der Emscher-Lippe-Region

Die RAG Bildung und der DGB Region Emscher-Lippe haben von der nordrhein-westfälischen Landesregierung den Auftrag erhalten, ein Veränderungsmanagement in der Emscher-Lippe-Region aufzubauen. Im Zentrum dieses mit 250.000,- Euro aus Landes- und EU-Mitteln geförderten Projektes steht der Aufbau von:

- Akteursnetzwerken
  - Steuerungsgruppen
  - Innovative Arbeitsteams
- Qualifizierungsnetzwerken
  - Bildung
- Kompetenzfeld-Förderung
  - Netzwerkausbau

Das Projekt verfogt dabei drei Hauptziele:

- Die Stärkung von Entwicklungsprozessen in Selbstträgerschaft der Region
- Die Verbindung des Umbaus der Montanindustrie mit dem Übergang in die Wissens-gesellschaft
- Die Konzeption von Maßnahmen zur Entwicklung des Humankapitals und einer Erneuerung der Wohn- und Lebensbedingungen

Maßgeblich dafür sind für das nördliche Ruhrgebiet die Wirtschaftsfelder:

- Energie
- Chemie
- Wasser
- Gesundheitswirtschaft
- Industrienahe Dienstleistungen

Das Gemeinschaftsprojekt von RAG Bildung und DGB Region Emscher-Lippe liegt laut Bewilligungsbescheid "im besonderen Interesse des Landes".

DGB und Rag Bildung steuern dieses Projekt allerdings nicht allein:
Gelenkt wird das Veränderungsmanagement durch eine Gruppe von:

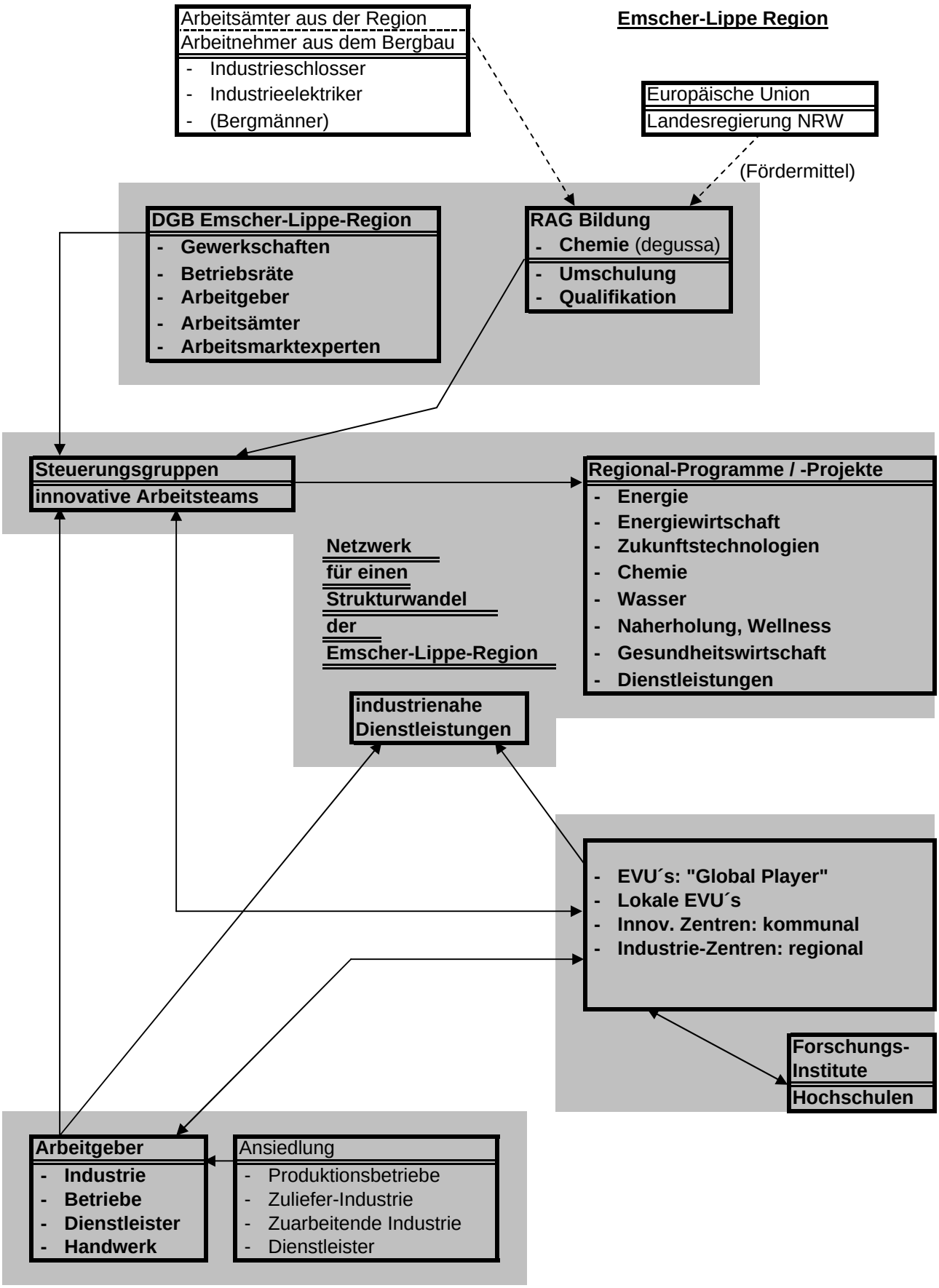
- Arbeitgebern
- Gewerkschaftern
- Arbeitsmarkt-Experten

aus der Emscher-Lippe-Region, die im Rahmen des regionalen Strukturwandels Verbesserungen der regionalen Qualifikations-Profile ausloten und Realisierungswege beschreiten werden.

Eine Besonderheit des Projekts liegt in seiner Flexibilität, Offenheit und Beweglichkeit.
Statt Festanstellungen und Einrichtungen eines Projekt-Büros soll es "innovative Arbeitsteams" geben, die zusammen mit der Steuerungsgruppe den Übergang der Emscher-Lippe-Region in die Wissensgesellschaft forcieren.

RAG Bildung und DGB Region Emscher-Lippe haben dieses Projekt entwickelt und sind zuversichtlich, zusammen mit der Steuerungsgruppe wertvolle Anstöße für ein regional bedeutsames Veränderungsmanagement leisten zu können.

Skizziertes angestrebtes Netzwerk für den Veränderungs-Einstieg in der



im Fokus: der erste Anstoß:

- **Die Schlüssel-Technologien sind die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie.**

- **Die Schlüssel-Leitunternehmen sind die EVU´s und die Innovationszentren, in Verbindung mit der Chemie, dem Anlagenbau und dem Kompetenzzentrum Brennstoffzelle NRW.**

- **Der Schlüssel für das qualifizierte Humankapital ist die Bildung.**

- **Der Schlüssel für die Wirtschaftsförderung ist die Kompetenzbündelung.**

- **Der Schlüssel für die Stärkung der Entwicklungsprozesse ist Partner-Werbung durch Kommunikation und lokale Identität.**

- **Der Schlüssel für den Umbau der Montanindustrie ist:**
  - **die Bildung**
  - **die Übernahme der Degussa AG durch die RAG**

- **Der Schlüssel für den offenen Strukturaufbau auf Basis der EVU´s:**
  - **nur noch ein "Big Player" in der Emscher-Lippe-Region: das RWE !!**
    - Unterschiedliche strategische Interessen bedeuten Neutralisierung einer Region
      - Durch die Fusion von E.ON und der Ruhrgas, trennt sich E.ON von:
        - der Degussa AG (Chemie)
        - der Gelsenwasser AG (Wasser u. Gas)

- **Der Schlüssel für die Kompetenzfeldförderung ist die Gründung von innovativen Arbeitsteams:**
  - Arbeitgebern
  - Gewerkschaftern
  - Arbeitsmarkt-Experten
  - Akteure mit dem nötigen "inneren Drive"

- **Der Schlüssel für die wichtigen und richtigen Regional-Programme und Regional-Projekte sind die Arbeitsteams aus:**
  - Energie-Wirtschaft
  - Zukunfts-Technologien
  - Chemie
  - Wasser
  - Anlagenbau
  - Naherholung
  - Wellness
  - Gesundheitswirtschaft
  - Dienstleistungen

- **Der Schlüssel für den Strukturwandel in der Emscher-Lippe-Region ist das Akteurs-Netzwerk**

Schlußfolgerung und Prognose :

Die Emscher-Lippe Region in der Ruhrwirtschaft kann eine der bedeutendsten Energie-Regionen Europas werden !!!

8 Berufsorientierung für Schulabsolventen, Lehrveranstaltungen für Studenten, Weiterbildungsmaßnahmen für Ingenieure, Techniker und Handwerker

Forschungszentrum Jülich

Institut für Werkstoffe und Verfahren der Energietechnik (IWV)
Energieverfahrenstechnik (IWV 3)

Forschungszentrum Jülich
IWV 3
52425 Jülich
Tel.: 02461/61-5147
Fax: 02461/61-6695

Institutsleitung:
Prof. Dr.-Ing. Detlef Stolten

- **Niedertemperatur Brennstoffzelle (PEFC, DMFC)**
- **Hochtemperatur Brennstoffzelle (SOFC)**
- **Verfahrenstechnik Brennstoffzelle**
- **Brenngaserzeugung und Systemtechnik**
- **Verfahrensanalyse**
- **Physikalisch-chemische Grundlagen**
- **Qualifizierungsmaßnahmen für alle Berufsgruppen in der Brennstoffzellentechnologie**
  - Leitung: Dr. Emonts

Lehre, Aus und Weiterbildung

Neben den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten rund um die Brennstoffzelle widmet sich das IWV-3 mit erkennbarem Aufwand den Aspekten der Berufsorientierung für Schulabsolventen, Lehrveranstaltungen für Studenten sowie Weiterbildungsmaßnahmen für Ingenieure, Techniker und Handwerker.

Bezogen auf den Forschungs- und Entwicklungsgegenstand Brennstoffzellen stehen das motivierte Heranführen an technische Aufgabenstellungen im Labor- und Werkstattbereich, der wissenschafts- u. anwendungsorientierte Wissenstransfer an Universitäten und Fachhochschulen sowie die fundierte Heranführung von Ausbildern an die Vermittlung einer neuen Technologie im Fokus der Arbeiten.
Damit soll ein zukunftsorientierter Beitrag für die Aus-, Fort- und Weiterbildung auf unterschiedlichen Anforderungsebenen im Sinne einer verzögerungsarmen Einführung und angestrebten Etablierung der Brennstoffzelle in den Markt der energietechnischen Anwendungen geleistet werden.

8.1 Berufsfindungspraktikum rund um das Thema Brennstoffzelle

Schüler der Klassen 9 bis 12 !!

Schüler, die das Thema Brennstoffzelle an den Schulen interessiert:
Das Institut bietet ein **Berufsfindungspraktikum** an. Das Interesse an dem Thema Brennstoffzelle soll gefördert werden und zusätzlich wird ein **Einblick in die Berufe und Arbeitsgebiete** der technischen Brennstoffzellen-Entwicklung gegeben.
Termine: Die Woche jeweils vor den Oster- bzw. vor den Herbstferien.

Alles soll sich um ferngesteuerte Modellfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb drehen, welche zur Verfügung gestellt werden. Diese Autos werden die Schüler in die praktische Welt der Brennstoffzelle entführen und die Schüler während der ganzen Woche begleiten.
Vorbereitet werden vier Projekte, welche alle in enger Verbindung mit der Brennstoffzelle stehen. Diese stellen aber verschiedene Berufe dar:

- **High-Tech-Kunststoffe**
- **Elektrik**
- **Mechatronik**
- **Energie- und Kraftstoffmanagement**

Es wird bei allen Themen selbst Hand angelegt, um das Modellauto zu verändern und zu verbessern.

- **Projekt 1: Herstellung einer Membran-Elektroden-Einheit MEE**
- **Projekt 2: Herstellung einer elektronischen Schaltung**
- **Projekt 3: Herstellung von Bauteilen der Lenkmechanik**
- **Projekt 4: Speicherung von Wasserstoff**

Am Ende der Projektwoche steht ein Leistungsvergleich zwischen den von den Schüler-Teams überarbeiteten Modellautos an.

8.2 Lehrveranstaltungen für Mitarbeiter

Universitäten

Grundlagen und Technik der Brennstoffzellen mit Übungen (2V/2Ü)	RWTH Aachen	Prof. Dr. D. Stolten
Computersimulation an Materialien: Methoden und Anwendungen	Universität Ulm	Dr. E. Spohr

Fachhochschule

Brennstoffzellen für stationäre Anwendungen (WS 2V)	FH Aachen/Jülich FB 7	Prof. L. Blum
Brennstoffzellen --- eine Zukunftstechnologie (SS 2V)	FH Aachen/Jülich FB 7	Dr. K. Wippermann
Der Wasserstoff und seine Umsetzung über den Elektrolyse- und Brennstoffzellenprozeß (Blockveranstaltung: WS 2x2V u. SS 2x4P	FH Aachen/Jülich FB 7	Dr. B. Emonts
Umweltpotential neuer Energieträger und Antriebe für den Straßenverkehr (2V)	FH Aachen/Jülich FB 7	Prof. Dr.-Ing. B. Höhlein

8.3 Weiterbildung aller Berufsgruppen

Aus der Erklärung des Forschungszentrum Jülich: Weiterbildungs- und Demonstrationszentrum Brennstoffzelle

Hintergrund:

Die Basis für einen potenziellen Einsatz der Brennstoffzelle in mobilen, portablen und stationären Anwendungen ist geschaffen !
Die absehbare Durchdringung verschiedenster Märkte durch die Brennstoffzelle wird eine tiefgreifende Veränderung angestammter Produktionsprozesse sowie starke Verschiebung etablierter Industriestrukturen nach sich ziehen !
Damit verbunden werden an zukünftige Berufe im Umfeld der Brennstoffzelle neue Anforderungen gestellt. Diese Anforderungen zu definieren und daraus angepasste Lehrmittel und Bildungsmaßnahmen abzuleiten sind die Kernaufgaben des durch das Bundesministerium (BMWi) und das NRW-Landesministerium für Wirtschaft, Mittelstand, Energie und Verkehr (MWMEV) geförderten Projektes.

Zielsetzung:

Brennstoffzellen haben das Potenzial, Energieresourcen zu schonen und die Umweltbelastung zu reduzieren. Deshalb werden sie zukünftig eine wesentliche Rolle bei der Bereitstellung von elektrischer Energie aus Wasserstoff wie aus Kohlenwasserstoffen spielen !
Um diesen Entwicklungsprozeß sowie die folgende kommerzielle Anwendung mit kompetentem Personal begleiten zu können, ist es notwendig, Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker für die Entwicklung, Projektierung und Fertigung von Brennstoffzellensystemen auszubilden. Drüber hinaus ist es ebenso wichtig, Handwerker mit den Besonderheiten dieser Technik vertraut zu machen und entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen zu entwickeln und in die existierenden Weiterbildungsmaßnahmen zu integrieren. Nur so kann sichergestellt werden, dass der anwendungsbezogene Handwerksbereich potentielle Kunden über die Spezifika der Brennstoffzelle fachmännisch berät und die brennstoffzellenspezifischen Arbeiten sachgerecht ausführt….

Aufbauend auf der anerkannten Fachkompetenz der Forschungs- und Entwicklungsabteilungen sowie den vorhandenen Lehrmitteln für Lehrveranstaltungen an Fachhochschulen und Universitäten zur Brennstoffzellentechnik sollen Seminare ausgerichtet, Lehrunterlagen erstellt und Schulungsanlagen unterhalten werden. Damit soll für Ausbilder einschlägiger Ausbildungszentren sowie Experten der verantwortlichen Kammern und Verbände eine Schulungsinfrastruktur geschaffen werden, welche den Besonderheiten der Brennstoffzelle Rechnung trägt.

Aufgaben

Die mit der Schaffung eines **Weiterbildungs- und Demonstrationszentrums Brennstoffzelle** verbundenen **Aufgaben lassen sich in drei Arbeitspakete unterteilen**:

- Auswertung vorhandener und Ausarbeitung neuer, den Weiterbildungsteilnehmern angepassten Schulungs-Unterlagen
- Planung, Aufbau und Betrieb unterschiedlicher, für Lehrzwecke geeigneter Schulungsunterlagen
- Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Seminaren und Weiterbildungskursen für Multiplikatoren Brennstoffzellenrelevanter Handwerkzweige

Nach Beendigung des Projekts Ende 2003 ist die schrittweise Übergabe aller Funktionen und Hilfsmittel an kompetente Ausbildungszentren vorgesehen.

Anstehende Seminare im Forschungszentrum Jülich und bei nahestehenden Organisationen:
Termine und Veranstaltungen 2004:

Praxisseminar: Kraft-Wärme-Kopplung mit Brennstoffzellen

- 5./6. Mai 2004 Forschungszentrum Jülich GmbH, IWV-3
- 15./16. Sep. 2004 BHKW-Schulungszentrum an der Handwerkskammer Osnabrück
- 24./25. Nov. 2004 Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V.

Programm: Agenda der Seminarreihe 2004

1. Tag: **Teil 1:** **Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung**

- Auslegung und Planung von BHKW´s
- Wirtschaftlichkeitsrechnungen
- Praxiserfahrungen klassischer Motoren BHKW´s

Teil 2: **Grundlagen der Brennstoffzellen-Technik**

- Einführung in die Brennstoffzellen-Technik
- Funktion und Aufbau eines Brennstoffzellen-BHKW´s
- Medien- und elektrotechnische Anbindung
- Praxiserfahrungen aus Feldversuchen

2. Tag: **Teil 3:** **Praktische Übungen**

- Grundlagenversuche an Testständen
- Praxiserfahrungen an Demonstrationsanlagen

Stoffsammlungen des ersten Brennstoffzellen-Seminars 2002:

Brennstoffzellen in der Haustechnik 1
- Grundlagen, Wirkungsprinzip und Wirkungsgrad

Brennstoffzellen in der Haustechnik 2.1
- Brennstoffzellen-Typen: Polymer Elektrolyte Fuel Cell (PEFC)

Brennstoffzellen in der Haustechnik 2.2
- Brennstoffzellen-Typen: Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

Brennstoffzellen in der Haustechnik 3
- Anlagentechnik

Brennstoffzellen in der Haustechnik 4
- Markteinführung: Chancen und Risiken

Brennstoffe und Brenngaserzeugung

8.4 Entwicklungspotenziale Humankapital

Kooperationswille und Umformung der betrieblichen Weiterbildung sind der Garant für den Erfolg der Industrie im internationalen Wettbewerb !!

Im Fokus: Chancen des Ruhrgebiet:

- **Zusammenfassung der Leitaufgaben:**
  - Entwicklungs-Potenziale des Strukturwandel
  - Netzwerke für den Umbau der Montan-Region
  - Potenzial-Verknüpfung durch Kompetenz-Netzwerk-Bildung der Wirtschaft und der Bildung von Steuerungsgruppen und innovativer Arbeitsteams
  - Kommunikation fördern / Partner werben durch lokale Identität
  - Potenzial-Entwicklung der Energieträger
  - Leitunternehmen als Entwicklungs-Potenzial
  - Industrie- und Strukturpolitische Unterstützung

Ein Erfolg der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb hängt ganz entscheidend von dem Beginn und dem Tempo der Transformations-Prozesse in allen betrieblichenStrukturen ab, **was Kooperationswillen und Umformung der betrieblichen Weiterbildung voraussetzt.**

Im Fokus: Industrie- und Strukturpolitische Entwicklung:

- **Zusammenfassung der Akteure:**
  - Zusammenführung von Wissenschaft und Wirtschaft
  - Kooperationsprojekte mit Industrie und Forschung
  - Identifizierung und Integration weiterer Unternehmen
  - Einbindung zusätzlicher Forscher und Forschungseinrichtungen
  - Ansiedlung und Stärkung von Herstellern
  - Ansiedlung und Stärkung von Dienstleistern

"Neu denken, entschlossen handeln !"

"Zusammenkommen ist der Anfang, Zusammenarbeiten ist der Erfolg !" von Henry Ford.

"Durch die **Bündelung** vorhandener und die **Schaffung** neuer **Kompetenz**
die **Stärkung** des Produktions- und Forschungs-Standort NRW"

"WIN" (engl.) = "gewinnen" :

W	**=**	**Wettbewerb**
I	**=**	**Innovation**
N	**=**	**Neuorganisierung**

- **Der Schlüssel für den Strukturwandel ist ein effizientes Akteurs-Netzwerk.**

Die Bildung von strategisch arbeitenden Allianzen beweist die Intensität, mit der die Wirtschaft die Sicherung der Wettbewerbsvorteile voranzutreiben versucht !
Durch internationale Bündelung der Zukunfts-Energieträger und Zukunfts-Technologien soll das Ziel "Vorteilssicherung" mit dem größt möglichen "know how" umgesetzt werden.

Im Fokus: Industrie- und Strukturpolitische Entwicklung:

- **Zusammenfassung: der Schlüsselfaktor:**
  - Der Schlüssel für das qualifizierte Humankapital ist die Bildung.
  - Der Schlüssel für die Wirtschaftsförderung ist die Kompetenzbündelung (Wissen, Erfahrung und " Protagonisten: Akteure mit dem nötigen "inneren Drive" "
  - Der Schlüssel für die Kompetenzfeldförderung ist die Gründung von innovativen Arbeitsteams
  - Der Schlüssel für die Stärkung der Entwicklungsprozesse ist Partner-Werbung durch Kommunikation und lokale Identität.

Der Schlüsselfaktor ist die Qualität der Arbeitskräfte !!

Auf die Qualität der Arbeitskräfte kommt es an, wenn der aktuelle Strukturwandel zur Schaffung und Sicherung eines Wettbewerbsvorteil gelingen soll !!!

Von zentraler Bedeutung ist somit die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften.
Der Aufbau von Humankapital muss oberste Priorität haben und gleichauf mit der Bewertung der Wirtschaftlichkeit zum ersten Fokus werden.
Ein Erfolg (Schaffung und Sicherung eines Wettbewerbvorsprung) hängt ganz entscheidend von dem Beginn und dem Tempo der Regional-Prozesse in allen Strukturen (Kommunen, Wirtschaft, Privatkunden) ab, was Kooperationswillen und die Bereitschaft zu lokaler Identität voraussetzt !!!

Besonders Wichtig ist der Blick über den Zaun in andere Regionen !
Erfolgreiche Entwicklungsinitiativen sind erkannt worden und in drei Gruppen zu gliedern:
- eine Großstadt (Metropole) für sich
- eine Großstadt mit den umliegenden Gemeinden
- eine kommunale Allianz einer ganzen Region

Ein Mangel an Entschlossenheit und konsensorientierter Zusammenarbeit (eine Vielzahl guter Ideen gibt noch lange keinen Erfolg) **basieren auf einem Mangel an Kommunikation und Kooperation !**

Die Antwort auf die Frage, wie es gelingen kann, zum Aufbau des wichtigen und dringend benötigten Humankapital beizutragen:
- **Kräftebündelung: das geschieht gegenwärtig mit Nachdruck:**
  - ein Schulterschluß der Wirtschaft mit den Gewerkschaften
  - ein Schulterschluß der beiden großen Volksparteien über die Wirtschaftsförderer
  - ein Schulterschluß der Kommunen: Freistellung entsprechender Mitarbeiter aus den Verwaltungen, Bildung der operativen Arbeitsteams, Bestimmung eines "Moderator"
  - ein Schulterschluß der Forschung mit der Industrie
  - ein Schulterschluß der Arbeitsämter mit der Wirtschaft
  - ein Schulterschluß der Schulen mit der Forschung: Optimierung und Ergänzung der Lehr-Inhalte, Integration innovativer Prozesse und Entwicklungen
    - **Schulterschluß:**
    - Kräftebündelung: durch Bündelung der Landesaufträge: kollektive Arbeit verhindert unnötige Ausgaben: Mehrfach-Bearbeitung durch die Akteure an den Schnittstellen vermeiden
    - Bildung von Steuerungsgruppen und innovativer Arbeitsteams
    - Kommunikation fördern / Partner werben durch lokale Identität
    - Leitunternehmen als Entwicklungs-Potenzial: Unterstützung durch Sach- und Fachkompetenz
      - **Folge:**
      - Industrie- und Strukturpolitische Unterstützung

In den Regional-Allianzen finden diese Zusammenhänge bereits höchste Beachtung !!!
- Dortmund-Projekt
- Hannover-Impuls
- und viele mehr !!!

Referenten dieser innovativ erfolgreichen Regionen bestätigen in den Workshops, dass das "zementierte Fundament" auf dem Humankapital errichtet wurde; bereits in den Kindergärten und Schulen beginnt die Entwicklung des regionalen Humankapitals.
Diese Zusammenhänge finden bereits weit verbreitete Beachtung !!

8.5 Masterplan: Aus- und Weiterbildung Brennstoffzelle

Bildungsnetzwerk Brennstoffzelle: www.bz-bildung.de

Im Fokus: Die Netzwerkgründer:

- **Forschungszentrum Jülich**
- **Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V.**
- **Heinz Piest Institut für Handwerkstechnik, Hannover**
- **L-B-Systemtechnik, Ottobrunn**
- **FhG-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI**

Der 10-seitige Masterplan verdeutlicht, wie wichtig und richtig die Weiterbildung bzw. Zusatz-qualifizierung der betreffenden Berufsgruppen bereits zum heutigen Zeitpunkt ist !

- Hintergrund
- Projekte und Akteure
- Analysen
  - Zielgruppen
    - Handwerk
    - Industrie
    - Hochschule
    - Schule
    - Öffentlichkeit
  - Zeitschiene
  - Inhalte der Aus- und Weiterbildung
    - Vorbereitung der Vermittler
    - Vorbereitung der Anwender
- Umsetzung
  - Transferebene: Anbieter - Vermittler
  - Transferebene: Vermittler - Anwender
- Abschätzung Qualifikationsbedarf
- Zusammenfassung
- Ausblick

Wie bereits in den Kapiteln erörtert:

Ein Erfolg der hiesigen Industrie- und Wirtschaftsentwicklung **im internationalen Wettbewerb** hängt ganz entscheidend von dem **Beginn und dem Tempo der Transformations-Prozesse in allen betrieblichen Strukturen** ab, was **Kooperationswillen** und **Umformung der betrieblichen Weiterbildung** voraussetzt.

9 Glossar

AFC — "Alkaline Fuel Cell" alkalische Brennstoffzelle mit alkalischem Elektrolyten
Kapitel 2.1

Anode — Der positive Pol (Plus-Pol/griechisch "Aufstieg") einer Stromquelle, oder auch die positive Elektrode eines Stromkreis. Der Gegen-Pol ist die Kathode.
Kapitel 2

Autotherme Reformierung (ATR) — Das Verfahren für die Brenngasaufbereitung bei Brennstoffzellen und ist eine Kombination aus Dampfreformierung und partieller Oxidation.
Kapitel

Biomasse — Alle organischen Substanzen: Pflanzen, Schredder-Holz, Grünabfälle, Stroh, Gülle etc.
Kapitel 3.5

Bipolarplatte — Die einzelnen Zellen im Brennstoffzellen-Stapel (Stack) werden über die Bipolarplatten elektrisch verschaltet. Die Einzelzellen im Stack bleiben räumlich getrennt und die reagierenden Stoffe Wasserstoff und Sauerstoff (Reaktanden) werden den Elektrodenflächen zugeführt.
Kapitel 2

Brenngasaufbereitung — Der Wasserstoff kohlenwasserstoffreicher Gase wird durch die Aufbereitung (Reformierung) gewonnen. Die wesentlichen Schritte der Brenngasaufbereitung sind: 1. Entschwefelung, 2. Reformer, 3. Shift-Reaktion, 4. Gasreinigung.
Kapitel 3

Brennstoffzelle — Brennstoffzellen sind elektrochemische Wandler, in denen durch die Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff in kontrollierten Prozessen Wasser, elektrische Energie und thermische Energie erzeugt werden
Kapitel 2

CGH_2 — "Compressed Gaseous Hydrogen" gasförmiger Wasserstoff mit hohem Druck
Kapitel 3.1.5

Dampfreformer — System zur "Dampfreformierung"
Kapitel 3.1.3

Dampfreformierung — Kathalytische Umsetzung von leichten Kohlenwasserstoffen, aus denen unter Wärme-Zuführung ein Synthesegas hervorgeht. Bestehend aus Kohlenmonoxid, Methan und Wasserstoff
Kapitel 3.1.3

DMFC	"Direct Methanol Fuel Cell" Direktmethanol-Brennstoffzelle **Kapitel 2.1**
Elektrolyseur	Es wird mit Hilfe elektrischen Stroms Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten: Elektrolyse **Kapitel 3.1.4**
Elektrolyt	Ein Elektrolyt trennt in einer Brennstoffzelle die Elektroden. Er leitet elektrisch geladene Teilchen, ist aber gasdicht und verhindert, dass der Sauerstoff und der Wasserstoff direkt in Verbindung treten können. **Kapitel 3**
Energieträger	Brennstoffe, die bei dem Brennstoffzellen-Betrieb zum Einsatz kommen können: Brennstoffeinsatz **Kapitel 3**
Entschwefelung	Fast alle Energieträger, welche für die Wasserstoff-Gewinnung zum Einsatz kommen, enthalten gewisse Mengen Schwefel (S). Die physikalische Trennung des Schwefel ist wichtig, da der Elektrolyt durch Schwefel beschädigt werden kann. Die Entschwefelung ist dem Reformer vorgeschaltet. **Kapitel**
Erneuerbare Energie	Energieform, welche von der Natur unerschöpflich bereitgestellt wird: umweltfreundliche Energiegewinnung **Kapitel 1**
Fotobiologische Wasserspaltung	Biologischer Prozess: durch Fotosynthese **Kapitel 3.1.3**
Gasreinigung	Je nach Brennstoffzellentyp besteht die Notwendigkeit den Kohlenmonoxid-Gehalt des Gases nach der Shift-Reaktion durch geeignete Trennverfahren (chemisch od. physikalisch) zu reduzieren. Ein Verfahren ist die selektive Oxidation (PROX) . **Kapitel**
Katalysator	Der Katalysator besteht aus einem Material, welches eine chemische Reaktion unterstützt, ohne dabei eine chemische Veränderung oder Verzehrung zu erfahren **Kapitel 2**
Kathode	Der negative Pol (Minus-Pol) einer Stromquelle, oder auch die negative Elektrode eines Stromkreis. Der Gegen-Pol ist die Anode. **Kapitel 2**
LH_2	"Liquid Hydrogen" flüssiger Wasserstoff **Kapitel 3.1.5**
MCFC	"Molten Carbonate Fuel Cell" Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle **Kapitel 2.1**

Metallhydridspeicher	Der Wasserstoff wird in die Zwischenräume einer gitterförmigen Metalllegierung eingelagert, wie Wasser in einem Schwamm. Ausführungen sind grundsätzlich in vielen Größen möglich: als Katusche für z.B.: Notebooks oder als Tank für mobile und portable Aufgaben. Auf Grund der geringen Größe und der hohen Energiedichte des Metallhydridspeicher werden Geräte sehr viel läner betrieben, als mit einem herkömmlichen Akku. **Kapitel 3.1.6**
PAFC	"Phosphoric Acid Fuel Cell" Phosphorsaure Brennstoffzelle **Kapitel 2.1**
Partielle Oxidation (POX)	Die partielle Oxidation ist ein Verfahren zur Reformierung der kohlenwasserstoffreichen Gase, wobei Kohlenwasserstoffe katalytisch oder thermisch umgesetzt werden zu: Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. **Kapitel 3.1.3**
PEMFC	"Proton Exchange Membrane Fuel Cell" Membran-Brennstoffzelle **Kapitel 2.1**
Primär-Energie, Primär-Energieträger	Als primärenergetische Erzeugung des Wasserstoff wird die Gewinnung aus fossilen Energieträgern bezeichnet **Kapitel 3.1.3**
Reformer	Mit katalytische und thermischen Verfahren wird aus dem Brenngas das wasserstoffreiche Prozessgas gewonnen, der Reformer ist somit der Hauptteil der Brenngasaufbereitung. **Kapitel 2.2.1**
Regenerative Energie	Erneuerbare Energie **Kapitel 3**
Sekundär-Energie, Sekundär-Energieträger	Umgewandelte Primär-Energie: Energieformen wie z.B.: Strom, Benzin, Wasserstoff **Kapitel 3.1.4**
selektive katalytische Oxidation (PROX)	Bei diesem Gasreinigungs-Verfahren reagiert Kohlenmonoxid unter Zufuhr von Luftsauerstoff zu Kohlendioxid. Diese Reaktion verläuft über einen Katalysator bei niedriger Temperatur.
Shift-Reaktion	Das Brenngas ist bei Austritt aus dem Reformer noch stark mit Kohlenmonoxid angereichert, Kohlenmonoxid beschädigt die Katalysatoren. In einem Shift-Reaktor wird unter Zufuhr von Wasserdampf das Kohlenmonoxid in Kohlendioxid umgewandelt. Die Abtrennung des Kohlendioxid aus dem Gas verläuft mittels Adsorption oder einer Membran. **Kapitel 3.1.3**
SOFC	"Solid Oxude Fuel Cell" Festoxid-Brennstoffzelle **Kapitel 2.1**

Stack	Brennstoffzellen werden in Serie als Stapel (engl.: Stack) geschaltet. **Kapitel 2**
virtuelles Kraftwerk	Viele kleine Anlagen, z.B. Anlagen der Hausenergetischen Versorgung (Strom, Wärme), welche der dezentralen Energie-versorgung dienen, sind von außen über ein zentrales Leitsystem steuerbar. **Kapitel 2.2.1**
Vollkompositspeicher	Speichertank, welcher aus Kunststoffasern besteht. **Kapitel 4.3.2**
Wasserstoff-Antrieb	Mobiles Brennstoffzellen-System, welches Wasserstoff als Treibstoff nutzt **Kapitel 4.3.2**
Wasserstoff-Motor	Verbrennungsmotor, welcher Wasserstoff als Treibstoff nutzt **Kapitel 4.3.2**
Wasserstoff-Wirtschaft	Energie-Wirtschaft in der Industrie **Kapitel 3.1**

9.1 Wörterbuch: Deutsch / Englisch

Alkalische Brennstoffzelle	alkaline fuel cell
Biomasse	biomass
Blockheizkraftwerk	cogeneration unit, combined heat and power unit (CHP)
Brennstoffzelle	fuel cell
Dampfreformer	steam reformer
Dampfreformierung	steam reforming
Direktmethanol-Brennstoffzelle	direct methanol fuel cell
Druckgasspeicher	compressed gas storage
Druck-Wasserstoff	compressed gaseous hydrogen
Elektrolyseur	elektrolyzer
Energieträger	energy carrier
Erneuerbare Energie	renewable energy
Festoxid-Brennstoffzelle	solid oxide fuel cell
Flüssiger Wasserstoff	liquid hydrogen
Flüssiggasspeicher	liquid gas storage
Flüssigwasserstoffspeicher	liquid hydrogen storage
Fotobiologische Wasserspaltung	photobiological water splitting
Gasförmiger Wasserstoff	gaseous hydrogen
Katalysator	catalyst
Katalytische Verbrennung	catalytic combustion
Kompressor	compressor
Metallhydridspeicher	metal hydride storage
Partielle Oxidation	partial oxidation
Phosphorsaure Brennstoffzelle	phosphoric acid fuel cell

Primärenergie	primary energy
Primärenergieträger	primary energy carrier
Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle	proton exchange membrane fuel cell
Regenerative Energie	renewable energy
Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle	molten carbonate fuel cell
Sekundärenergie	secondary energy
Sekundärenergieträger	secondary energy carrier
Solare Wasserstoffenergiewirtschaft	solar hydrogen energy economy
Solarenergie	solar energy
Vollkompositspeicher	full composite storage
Wasserstoff	hydrogen
Wasserstoffantrieb	hydrogen propulsion
Wasserstoffmotor	hydrogen motor
Wasserstoffspeicher	hydrogen storage
Wasserstoffverflüssigung	hydrogen liquefaction
Wasserstoffwirtschaft	hydrogen energy economy

9.2 Wörterbuch: Englisch / Deutsch

alkaline fuel cell	Alkalische Brennstoffzelle
biomass	Biomasse
catalyst	Katalysator
catalytic combustion	Katalytische Verbrennung
cogeneration unit, combined heat and power unit (CHP)	Blockheizkraftwerk
compressed gaseous hydrogen	Druck-Wasserstoff
compressed gas storage	Druckgasspeicher
compressor	Kompressor
direct methanol fuel cell	Direktmethanol-Brennstoffzelle
elektrolyzer	Elektrolyseur
energy carrier	Energieträger
fuel cell	Brennstoffzelle
full composite storage	Vollkompositspeicher
gaseous hydrogen	Gasförmiger Wasserstoff
hydrogen	Wasserstoff
hydrogen energy economy	Wasserstoffwirtschaft
hydrogen liquefaction	Wasserstoffverflüssigung
hydrogen motor	Wasserstoffmotor
hydrogen propulsion	Wasserstoffantrieb
hydrogen storage	Wasserstoffspeicher
liquid gas storage	Flüssiggasspeicher
liquid hydrogen	Flüssiger Wasserstoff
liquid hydrogen storage	Flüssigwasserstoffspeicher
metal hydride storage	Metallhydridspeicher

molten carbonate fuel cell	Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle
partial oxidation	Partielle Oxidation
phosphoric acid fuel cell	Phosphorsaure Brennstoffzelle
photobiological water splitting	Fotobiologische Wasserspaltung
primary energy	Primärenergie
primary energy carrier	Primärenergieträger
proton exchange membrane fuel cell	Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle
renewable energy	Erneuerbare Energie
renewable energy	Regenerative Energie
secondary energy	Sekundärenergie
secondary energy carrier	Sekundärenergieträger
solar energy	Solarenergie
solar hydrogen energy economy	Solare Wasserstoffenergiewirtschaft
solid oxide fuel cell	Festoxid-Brennstoffzelle
steam reformer	Dampfreformer
steam reforming	Dampfreformierung

10 Technologie und Energie

Technologie-Politik

Der Schlüssel für eine erfolgreiche und nachhaltige Globalisierung sowie für den Übergang zur Wissensgesellschaft ist die Innovationsdynamik !
Die Gesamtwirtschaftlichen Aufwendungen für die Forschung und die Entwicklung betragen in Deutschland 2,4% des Bruttoinlandsprodukt. Damit liegt Deutschland im oberen Drittel der Industrienationen, verfügt über eine sehr leistungsfähige Infrastruktur sowohl bei der Grundlagenforschung als auch bei der angewandten Forschung und belegt einen Spitzenplatz bei der Erfindertätigkeit.
Aber: Es besteht in Deutschland ein Verbesserungsbedarf bei der Umsetzung der Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte, bei der Entwicklung innovativer Dienstleistungen sowie im Bildungsbereich !

Energie-Politik

Der Schlüssel für eine effiziente Energiebereitstellung und Energienutzung ist eine innovative und dynamische marktwirtschaftliche Struktur !
Die Energie-Politik hat ihren Fokus auf drei Ziele: Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit. Der Wettbewerb in der Energiewirtschaft wird durch marktwirtschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen und erhalten.
Aber: Die konsequente Umsetzung der Liberalisierung des Energiemarktes in Europa schafft völlig neue Voraussetzungen, von denen der Wirtschaftsstandort Deutschland profitieren kann !

Technologie und Energie

Eine Grundvoraussetzung für eine zukunftsfähige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft sind umweltfreundliche, sozialverträgliche sowie ökonomisch effiziente Energie-Technologien !
Deshalb gilt der Fokus auf die Schaffung eines Wettbewerbsvorsprung. Vorrangiges Ziel ist daher die technische, die wirtschaftliche und soziale Entwicklung frühzeitig zu erkennen, um innovative Technologien erschließen und fördern zu können !

10.1 Einführung in die Situation der Weltenergieversorgung

Einleitend werden einige Eckdaten der heutigen Energieversorgung skizziert:
Die folgende Listung zeigt die sehr ungleiche Verteilung des Energieverbrauchs in der Welt anhand einer Forschungsarbeit von 1997, welche noch heute Gültigkeit hat.

Bevölkerung 1997:	arm	57 %	Primärenergieverbrauch 1997:	arm	23 %
Bevölkerung 1997:	reich	17 %	Primärenergieverbrauch 1997:	reich	56 %
Bevölkerung 1997:	GUS	5 %	Primärenergieverbrauch 1997:	GUS	10 %
Bevölkerung 1997:	China	21 %	Primärenergieverbrauch 1997:	China	11 %

- **Im Jahr 1997 verbrauchten die reichsten 17% der Weltbevölkerung mehr als 50% der Energie.**
- **Würde jeder Bewohner der Erde soviel Energie verbrauchen wie ein US-Bürger, dann wäre der Gesamtverbrauch sechs mal so hoch wie heute.**
  Die Erdölreserven wären in acht Jahren erschöpft und die Erdgasreserven in zwölf Jahren !!!

Ebenfalls wesentlich ist, aus welchen Energiequellen sich heute unser Energieverbrauch zusammensetzt !
Die folgende Listung zeigt unsere derzeitige sehr große Abhängigkeit von fossilen Energiequellen:

Primärenergieträger der Welt (1997) :

-	Erdöl	40 %
-	Kohle	27 %
-	Erdgas	23 %
-	Kernenergie	7 %
-	Wasserkraft	3 %

90% des Weltenergieverbrauchs werden gedeckt aus Öl, Kohle und Gas !!

Über 60% sind Erdöl und Erdgas und müssen mittelfristig ersetzt werden !!!

Diese Listung erfasst nur die kommerziell gehandelten Energieträger.
Daher ist der große nicht kommerziell gehandelte Biomassenanteil, welcher ca. 10 bis 15% am gesamten Weltenergieverbrauch beträgt, hier nicht berücksichtigt.

Der wohl alles entscheidende Aspekt unserer Abhängigkeit von fossilen Energieträgern :

Ab wann unter Berücksichtigung verschiedener Verbrauchsentwicklungen die Produktion der fossilen Energieträger den Bedarf nicht mehr decken kann !!!

Die häufig angegebene **statistische Reichweite ist nur begrenzt aussagefähig.** Diese gibt die Reichweite an, welche ein Energieträger hat, wenn das heutige Verbrauchsniveau die nächsten Jahrzehnte unverändert fortgeschrieben würde. Angesichts unserer sehr schnell wachsenden Erdbevölkerung von möglicherweise neun milliarden Menschen (Wachstums-Szenario der UNO) im Jahr 2050 und einer rasant verlaufenden wirtschaftlichen Entwicklung vieler Schwellenländer, ist dies eine sehr unrealistische Annahme !!

Sehr viel **realistischer ist die Annahme dynamischer Reichweiten** der Energieträger, in die ein dynamischer Bedarfszuwachs eingerechnet wird. Die folgende Listung zeigt, wie bereits ein geringer Verbrauchsanstieg von nur 1% pro Jahr, die Reichweiten erheblich verkürzt.
Beim Erdgas hatten wir in den letzten Jahren einen stetigen Wachstum um 3% pro Jahr.
Gerade die bevölkerungsreichsten Länder wie China, Indien und einige südamerikanische Staaten haben bereits ein sehr großes Wachstumspotential im industriellen und im privaten Energieverbrauch. Selbst die eher konservativen Rechnungen der "International Energy Agency (IEA)" (eine Organisation der Industrie-Staaten) rechnet mit einem Wachstum über 3% für die nächsten 20 Jahre ! **Dies entspricht dann ganz genau einer Verdoppelung des Verbrauchs gegenüber dem Stand von 1996.**

Listung der Reichweite der Energieträger:

Unverändertes Verbrauchsniveau für die Zukunft				Verbrauchsanstieg von nur 1% pro Jahr			
Erdöl	ca.	48	Jahre	Erdöl	ca.	38	Jahre
Kohle	ca.	230	Jahre	Kohle	ca.	120	Jahre
Erdgas	ca.	62	Jahre	Erdgas	ca.	49	Jahre

Da die Verkaufsentwicklung dynamisch verläuft, ist der Zeitpunkt entscheidend, ab dem das Produktionsmaximum erreicht wird !
Dieser Zeitpunkt fällt bei dem Erdöl aus technisch-physikalisch Gründen fast mit dem sogenannten "mid-depletion-point" zusammen. Dieser "mid-depletion-point" gibt das Jahr an, zu dem die Hälfte des Erdöls gefördert ist.

Nach der Meinung der Geologen wird das Produktionsmaximum bis zum Jahr 2010 bereits erreicht sein, wobei nicht unwahrscheinlich ist, dass wir es aktuell erreichen !
Optimistisch eingestellte Ökonomen, welche sich an anderen Kriterien orientieren, sehen diesen Zeitpunkt zwischen den Jahren 2010 und 2020. Es gibt sehr optimistische Ökologen, welche einen technischen Fortschritt von 1% bei der Ölgewinnung zu Grunde legen, erwarten dieses Maximum etwa um 2050 herum.

Zahlen zum Erdöl:

				Quelle:
Bisherige Förderung	820,0	Milliarden	Barrel	
Bekannte Reserven	827,0	Milliarden	Barrel	
Wahrscheinliche Funde	153,0	Milliarden	Barrel	C.J. Campbell, 2000,
Neufunde 1962	41,0	Milliarden	Barrel	
Neufunde 1997	7,1	Milliarden	Barrel	BP Arnoco Statistical
Jahresproduktion 1999	22,0	Milliarden	Barrel	Review of World En-
Neufunde 1993 bis 1997	27,1	Milliarden	Barrel	ergy
Produktion 1993 bis 1997	125,0	Milliarden	Barrel	
Derzeitige Welt-Tages-Produktion	77,0	Millionen	Barrel	Petroconsults, LBST

Insgesamt auf der Welt förderbare Menge Öl: 1800 Milliarden Barrel
Die Differenz der Jahresproduktion zu den Zahlen in BP Arnoco Statistical Review of World Energy ergibt sich aus einer unterschiedlichen Definition des Öl. Hier wird nur konventionelles Rohöl betrachtet mit einer Dichte > 17,5°API, da dessen Verfügbarkeit das weltweite Verfügbarkeitsmaximum bestimmt, während BP Arnoco auch Schweröl (10 - 20°API), Schwerstöl (< 10°API), NGL (Natural Gas Liquids), Kondensat, Teersande etc. mit erfasst und nicht von konventionellem Öl unterscheidet.

Zahlen zum Erdgas:

Neufunde der Welt-Produktion			
Im Jahr 1950	ca.	1	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1954	ca.	2	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1958	ca.	5	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1962	ca.	3	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1966	ca.	**19**	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1970	ca.	**17**	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1974	ca.	7	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1978	ca.	5	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1982	ca.	3	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1986	ca.	2	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1990	ca.	**8**	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1994	ca.	2	Billionen Kubikmeter
Im Jahr 1998	ca.	2	Billionen Kubikmeter

Das Maximum der Gasfunde war in den 60er und frühen 70er Jahren !
In den 90er Jahren konnten mit der Forcierung der Erdgasnutzung kurzzeitig die Neufunde noch einmal erhöht werden.

Quelle:
US-Department of Energy (Energy Information Administration), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Petroconsultants

Seit einigen Jahren ist man auch in der noch weniger erforschten Tiefsee aktiv.
Diese bietet für Gasfunde wesentlich bessere geologische Voraussetzungen als für Ölfunde, so dass hier nocheinmal ein Anwachsen der Neufunde zu erwarten ist.
Das darf allerdings nicht darüber hinweg täuschen, dass dieses Gas nur sehr kostspielig gewonnen werden kann !!
Da die Fernerkundung im Meer günstiger als am Land ist, wird man bereits in wenigen Jahren ein klares Bild über die vermutlich noch möglichen Funde erhalten.

Seit etwa 10 Jahren kann die Weltgasproduktion nicht mehr ganz durch Neufunde ausgeglichen werden !
Auf Grund des baldigen Rückgangs der Ölproduktion und des verstärkten Engagements von Ölfirmen im Gasgeschäft wird die Produktion noch deutlich zunehmen.

Die jüngsten Berichte deuten an, dass man an die Grenze der Funde-Bewertungen gekommen ist und jetzt der tatsächliche Trend der Neufunde zutage tritt:
Es gibt deutliche Anzeichen, dass sehr bald die amerikanische Gasproduktion dramatisch zurückgehen wird.
Dass diese Reservelage sich noch nicht in einer stark rückläufigen Produktion ausdrückt, liegt am zu Erdöl unterschiedlichen Produktionsprofil von Erdgas.

Die Basis einer Volkswirtschaft, wie wir sie heute in Deutschland haben, ist die Bereitstellung von Energie.

Die Ressourcen der ohne großen Aufwand zu fördernden flüssigen und gasförmigen fossilen Brennstoffe (Kohlenwasserstoffe) sind "bald" aufgebraucht.
Mittelfristig wird sich Wasserstoff auf jeden Fall als alternativer Kraftstoff durchsetzen !!
Der Kraftstoff Wasserstoff ist völlig unabhängig von der Mineralöl-Industrie !
Die Perspektive für die Zukunft ist die direkte Nutzung von Wasserstoff !!
Weltweit sind die Leitunternehmen schon jetzt bestrebt, sich einen Wettbewerbsvorteil in der Wasserstoff-Wirtschaft zu sichern !!!
Wie wichtig Wasserstoff als Energieträger für die deutsche Volkswirtschaft bereits mittelfristig sein wird, zeigen und unterstreichen die folgenden Daten:

Dokumentation des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)

Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen
Stand: Oktober 2002:

Importabhängigkeit und Selbstversorgungsgrad Deutschlands bei einzelnen Primärenergie-Rohstoffen in den Jahren 1991 und 2001:

	PJ 1991	davon Export	PJ 2001	davon Export
Mineralöl	5.546	**97** %	5.576	**97** %
Erdgas	2.379	75 %	3.123	**82** %
Steinkohle	2.329	14 %	1.905	**54** %
Braunkohle	2.505	1 %	1.629	1 %

Regionale Betrachtung:

Nicht-erneuerbare Energierohstoffe 2001

- **Reserven**
- **Ressourcen**
- **Förderung**
- **Verbrauch**

Quelle:
BMWA-Dokumentation
Redaktion: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Reserven nicht-erneuerbarer Energierohstoffe 2001: regionale Verteilung [EJ]

Region	Erdöl		Erdgas		Kohle		Uran	Thorium	Gesamt
	konven-tionell	nicht konven-tionell	konven-tionell	nicht konven-tionell	Hart-kohle	Weich-braun-kohle			
Europa	139	42	213	6	1.054	569	1	252	**2.276**
GUS	629	397	1.787	3	4.460	144	146	-	**7.567**
Afrika	470	21	375	-	917	0	78	21	**1.881**
Naher Osten	3.961	418	1.869	-	5	-	-	-	**6.254**
Austral-Asien	252	126	395	3	5.552	719	268	270	**7.584**
Nordamerika	354	1.297	240	48	5.198	522	133	108	**7.900**
Lateinamerika	546	460	224	-	480	0	18	255	**1.984**
WELT	**6.351**	**2.761**	**5.105**	**60**	**17.666**	**1.954**	**644**	**905**	**35.447**
OECD	507	1.736	542	53	8.014	1.456	398	498	**13.204**
EU-15	59	13	144	3	750	398	12	0	**1.378**
OPEC	4.741	837	2.326	3	108	38	-	-	**8.053**

Abweichungen in den Summen wegen Rundungen möglich

Ressourcen nicht-erneuerbarer Energierohstoffe 2001: regionale Verteilung [EJ]

Region	Erdöl		Erdgas		Kohle		Uran	Thorium	Gesamt*
	konven-tionell	nicht konven-tionell	konven-tionell	nicht konven-tionell	Hart-kohle	Weich-braun-kohle			
Europa	152	84	226	1.869	11.963	1.779	259	293	**16.625**
GUS	890	1.255	3.048	6.073	45.359	3.533	1.304	-	**61.463**
Afrika	434	251	355	2.764	5.049	3	859	176	**9.891**
Naher Osten	904	502	1.350	3.649	30	28	5	-	**6.469**
Austral-Asien	268	962	720	8.012	22.214	1.893	2.930	59	**37.057**
Nordamerika	573	5.523	866	5.851	18.292	4.895	1.372	176	**37.548**
Lateinamerika	304	1.883	313	4.560	978	92	526	293	**8.948**
WELT	**3.525**	**10.460**	**6.879**	**32.779**	**103.884**	**12.224**	**7.256**	**996**	**178.002**
OECD	759	5.858	1.143	10.059	35.800	1.422	3.040	469	**58.549**
EU-15	62	42	98	1.174	8.976	976	184	-	**11.513**
OPEC	1.209	2.092	1.669	5.521	357	202	74	-	**11.125**

Abweichungen in den Summen wegen Rundungen möglich

***** ohne Gashydrate (15.866 EJ), da regionale Aufteilung nicht möglich

Förderung nicht-erneuerbarer Energierohstoffe 2001: regionale Verteilung [EJ]

Region	Erdöl	Erdgas	Hart-kohle	Weich-braun-kohle	Uran	Gesamt	Anteil
	[EJ]						[%]
Europa	13,5	9,9	4,1	4,6	0,3	32,5	9,7
GUS	17,5	23,2	7,7	1,2	3,4	53,0	15,8
Afrika	15,6	3,9	5,3	0,0	2,4	27,2	8,1
Naher Osten	44,9	6,9	0,0	0,0	0,0	52,8	15,5
Austral-Asien	15,9	8,8	41,1	1,9	3,5	71,3	21,3
Nordamerika	26,7	24,4	22,9	1,7	5,6	81,2	24,3
Lateinamerika	13,3	3,1	1,2	0,0	0,1	17,8	5,3
WELT	**147,4**	**80,3**	**82,3**	**9,4**	**15,3**	**334,7**	**100,0**
OECD	42,8	35,2	33,3	9,5	9,0	129,9	38,8
EU-15	6,6	7,5	1,9	2,1	0,1	18,1	5,4
OPEC	61,0	12,1	2,3	0,0	0,0	75,5	22,5

Abweichungen in den Summen wegen Rundungen möglich

Verbrauch nicht-erneuerbarer Energierohstoffe 2001: regionale Verteilung [EJ]

Region	Erdöl	Erdgas	Kohle	Uran	Gesamt	Anteil
	[EJ]					[%]
Europa	31,8	16,0	14,4	9,5	71,8	20,7
GUS	7,1	18,1	7,5	2,0	34,7	10,0
Afrika	4,9	2,0	3,7	0,1	10,7	3,1
Naher Osten	8,6	6,3	0,3	0,0	15,2	4,4
Austral-Asien	40,7	9,6	42,7	4,8	97,8	28,3
Nordamerika	44,6	24,6	24,7	8,5	102,4	29,6
Lateinamerika	9,1	3,0	0,9	0,2	13,3	3,8
WELT	**146,9**	**79,5**	**94,4**	**25,2**	**345,9**	**100,0**
OECD	91,2	57,2	46,4	21,7	216,5	62,6
EU-15	26,1	17,1	8,9	8,4	60,5	17,5
OPEC	11,1	11,3	0,8	0,0	23,1	6,7

Abweichungen in den Summen wegen Rundungen möglich

Auch hier fällt wieder auf:

Der Primär-Energie-Verbrauch (PEV) der Entwicklungsländer / Schwellenländer:
mit einem Bevölkerungsanteil von 80%:

- 40% der Kohle
- 33% des Erdöl **NOCH !!!**
- 13% des Erdgas

Der Primär-Energie-Verbrauch (PEV) der OECD-Länder:
mit einem Bevölkerungsanteil von lediglich 17%:

- 50% der Kohle
- 60% des Erdöl
- 62% des Erdgas

Betrachtung zu den einzelnen Energierohstoffen

Quelle:
BMWA-Dokumentation
Redaktion: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Gesamtpotential konventionelles Erdöl

2001: 364 Gt

regionale Verteilung:	kummulierte Förderung plus Reserven plus Ressourcen		
- Nordamerika	57	Gt	
- Südamerika	32	Gt	
- **Europa**	**14**	**Gt**	**Min**
- Afrika	32	Gt	
- **Arabische Länder**	**151**	**Gt**	**Max**
- GUS	56	Gt	
- Austral.-Asien	22	Gt	

Gesamtpotential konventionelles Erdgas

2001: 447 T.m³

regionale Verteilung:	kummulierte Förderung plus Reserven plus Ressourcen		
- Nordamerika	66	T.m³	
- **Südamerika**	**19**	**T.m³**	**Min**
- Europa	22	T.m³	
- Afrika	25	T.m³	
- Arabische Länder	104	T.m³	
- **GUS**	**172**	**T.m³**	**Max**
- Austral.-Asien	39	T.m³	

Gesamtpotential Hartkohle-Reserven

2001: 753,7 Gt

regionale Verteilung:	Reserven		
- **Nordamerika**	**221,8**	**Gt**	**Max**
- Südamerika	20,5	Gt	
- Europa	45,0	Gt	
- Afrika	39,1	Gt	
- **Arabische Länder**	**0,2**	**Gt**	**Min**
- GUS	190,3	Gt	
- Asien	186,8	Gt	
- Australien	50,0	Gt	

Betrachtung der Verfügbarkeit von Energierohstoffen

Insbesondere die beiden fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas haben relativ kurze Reichweiten !!
Dies wird besonders deutlich, wenn man nur die konventionellen Reserven in Betracht zieht.
Für beide Energieträger wird in den kommenden zwei Dekaden eine sehr stark wachsende Nachfrage erwartet, so dass die Reichweiten tendenziell stark verkürzt werden !!

Die Dokumentation des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit geht bei ihren Angaben von statistischen Reichweiten aller nicht-erneuerbaren Energieträger aus:
Reserven differenziert nach konventionell und konventionell plus nicht-konventionell:

Listung der Reichweite der Energieträger:

konventionell				konventionell plus nicht-konventionell			
Erdöl	ca.	40	Jahre	Erdöl	ca.	59	Jahre
Erdgas	ca.	61	Jahre	Erdgas	ca.	61	Jahre
Hartkohle	ca.	204	Jahre				
Weichbraunkohle	ca.	195	Jahre				

Da wir aber wissen, dass auf Grund der dynamischen Entwicklungen nicht von statistischen Reichweiten auszugehen ist, drängen die schwindenden Reserven und der Treibhauseffekt mit seinen globalen Folgen zum zielorientierten Wechsel in der Energiewirtschaft !!

- **Wasserstoff ist in das Bewußtsein der Bevölkerung gerückt !**
- **Wasserstoff ist der Energieträger der Zukunft !**

Ölmärkte brauchen verlässliche Daten !
Der Präsident der Organisation Erdöl exportierender Länder (OPEC), Purnomo Yusgiantoro, hat die Notwendigkeit verlässlicher und transparenter Ölmarkt-Statistiken betont.

10.1.1 Globale Energiewende

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umwelt-veränderungen (WBGU):

Der WBGU hat im April 2003 ein Gutachten veröffentlicht:
" Welt im Wandel - Energiewende zur Nachhaltigkeit "

Das Gutachten zeigt, dass eine globale Energiewende bis hin zu einer Energieversorgung der Weltbevölkerung auf der Basis erneuerbarer Energiequellen dringend notwendig ist, um das Weltklima zu schützen und 2,4 Milliarden Menschen in den Entwicklungsländern von Armut zu befreien. Wesentliche Voraussetzung für eine Energiewende ist die effizientere Umwandlung und Nutzung von Energie sowie der beschleunigte Ausbau der erneuerbaren Energien. Ziel sollte es sein, weltweit bis 2050 mit der gleichen Energiemenge das dreifache an Gütern und Dienstleistungen zu produzieren. Insbesondere sollten internationale Standards für fossil betriebene Kraftwerke angestrebt sowie gekoppelte Produktion von Strom und Wärme (KWK-Anlagen) gefördert werden.

Ohne massive Förderung erneuerbarer Energien wird die Energiewende nicht gelingen !

Der Anteil erneuerbarer Energien an der globalen Energiebereitstellung sollte daher von derzeit 12,7% auf 20% im Jahr 2020 und schließlich auf 50% bis 2050 erhöht werden. Die Energiewende ist finanzierbar; dafür müssen allerdings sämtliche Möglichkeiten ausgenutzt werden. In Industrie- und Transformationsländern sind die Subventionen für fossile Energie und Kernkraft bis 2020 vollständig abzubauen.
Als gemeinsame Handlungsgrundlage für die Energiewende empfiehlt der WBGU die Vereinbarung einer Weltenergiecharta.

10.1.2 Erneuerbare Energien - Energieversorgung der Zukunft

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Entwicklung der erneuerbaren Energien: Stand: August 2003

Zeitliche Entwicklung der installierten Leistung der erneuerbaren Energien:

	Wasser-kraft [MW]	Wind-energie [MW]	Biomasse Strom [MW]	Foto-voltaik [MW]	Solar-thermie [1.000m³]
1990	4.403	56	190	2	338
1991	4.403	98	k.A.	3	466
1992	4.374	167	227	6	582
1993	4.520	310	k.A.	9	749
1994	4.529	605	276	12	940
1995	4.521	1.094	k.A.	18	1.156
1996	4.563	1.547	358	27	1.453
1997	4.578	2.082	400	40	1.817
1998	4.601	2.875	409	52	2.191
1999	4.547	4.444	448	67	2.638
2000	4.572	6.112	585	111	3.283
2001	4.600	8.754	825	179	4.207
2002	4.620	12.001	900	262	4.754
Juni 2003	**4.620**	**12.828**	**1.000**	**300**	**5.000**

Anteil der erneuerbaren Energien (EE) am Primärenergieverbrauch und am Bruttostrom-verbrauch in Deutschland:

*** Annahmen**

		1998	1999	2000	2001	2002	**2010***
Primärenergieverbrauch insgesamt	[PJ]	14.521	14.324	14.354	14.565	14.319	**14.500**
Primärenergieverbrauch der EE	[PJ]	267	283	344	372	408	**610**
Anteil der EE am gesamten Primärenergieverbrauch	**[%]**	**1,8**	**2,0**	**2,4**	**2,6**	**2,9**	**4,2**
Bruttostromverbrauch insgesamt	[TWh]	557	558	577	581	582	**580**
Bruttostromverbrauch aus EE	[TWh]	25	29	36	38	46	**70**
Anteil der EE am gesamten Bruttostromverbrauch	**[%]**	**4,6**	**5,3**	**6,3**	**6,7**	**8,0**	**12,5**

Das BMU hat sich das mittelfristige Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 20% und den Anteil am Primärenergieverbrauch auf 10% zu steigern.

Mittel- bis langfristig sollen die erneuerbaren Energien ihre Wettbewerbsfähigkeit im europäischen Energiebinnenmarkt erreichen, um sich damit auf dem Markt zu behaupten und ihre tragende Rolle im Energiemarkt zu sichern.

Die Abhängigkeit der Energieversorgung von Importen ist ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung der Versorgungssicherheit.

Von 1991 bis 2002 erhöhte sich der Anteil der Nettoimporte am Primärenergieverbrauch in Deutschland von etwa 49 auf über 60% !!

Das Entwicklungspotenzial der Brennstoffzelle in Verbindung mit dem Energieträger Wasserstoff wird das Entwicklungspotenzial, welches die Dampfmaschine einst hatte, weit übertreffen !!

Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung 2002:

*** Berechnung nach Wirkungsgrad-Methode**

		Endenergie	Primärenergie-Äquivalent	
		[GWh]	[GWh]	[PJ]
Stromerzeugung	Wasserkraft	24.000	24.000	86,3
	Windenergie	17.200	17.200	61,9
	biogene Festbrennstoffe	1.250	3.250	11,7
	biogene flüssige Brennstoffe	20	52	0,2
	Biogas	713	1.854	6,7
	Klärgas	700	1.820	6,5
	Deponiegas	1.500	3.900	14,0
	Fotovoltaik	176	176	0,6
	gesamt Strom	**45.559**	**52.252**	**187,9**
Wärmeerzeugg.	biogene Festbrennstoffe	51.135	51.135	183,9
	biogene flüssige Brennstoffe	65	65	0,2
	biogene gasförmige Brennstoffe	1.300	1.300	4,7
	Solarthermie	1.955	1.955	7,0
	Geothermie	1.050	1.050	3,8
	gesamte Wärme	**55.505**	**55.505**	**199,6**
Kraftstoff	Biodiesel	5.688	5.688	20,5
Summe Total		**106.752**	**113.445**	**408,0**

Entwicklung der Anteile erneuerbarer Energien (EE) an der Energiebereitstellung:

	2000	2001	2002
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch	[%]		
Stromerzeugung EE (bez. auf ges. Bruttostromerzeugung)	6,3	6,7	8
Wärmebereitstellung EE (bez. auf ges. Wärmebereitstellung)	3,7	3,8	3,6
Kraftstoffverbrauch EE (bez. auf ges. Kraftstoffverbrauch)	0,5	0,6	0,8
Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch	[%]		
Stromerzeugung EE (bez. auf ges. Primärenergieverbrauch)	1	1,1	1,3
Wärmebereitstellung EE (bez. auf ges. Primärenergieverbrauch)	1,3	1,4	1,4
Kraftstoffverbrauch EE (bez. auf ges. Primärenergieverbrauch)	0,09	0,12	0,14

Die Windenergie ist auf Grund ihrer flukturierender Energiemenge (abhängig vom Windaufkommen) **einerseits effektiv, andererseits bereiten flukturierende Energiemengen den Energie-Versorgungs-Unternehmen Netzprobleme: Kraftwerke müssem diese Energie-Schwankungen kompensieren.**
Es besteht die Möglichkeit, durch Wind-Energie mit nachgeschalteter Elektrolyse Wasserstoff als Energieträger zu gewinnen: Wasserstoff nutzbar als Brennstoff (KWK) oder Treibstoff !!

Emissionsminderung durch Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbarer Energien:

1) angenommener Kraftwerksmix, ersetzt durch EE;
Emissionsfaktor: 0,809 kg vermiedene CO_2-Emissionen pro kWh EE-Strom

2) reltives Treibhauspotential CH_4:21 ; N_2O: 310;
Emissionsfaktor: 0,238 kg vermiedene CO_2-Emissionen pro kWh EE-Strom

	Treibhausgas / Luftschadstoff	vermiedene Emissionen [1.000 t]		
		Strom 1)	Wärme 2)	gesamt
Treibhaus-effekt	CO2	36.447	13.099	49.546
	CH4	0,7	0,7	1,4
	N2O	1,3	0,1	1,4
	CO_2-Äquivalent	**36.857**	**13.210**	**50.067**
Versauerung	SO2	20,9	9,3	30,2
	NOX	25,9	5,2	31,1
	HCl	0,9	0,2	1,1
	HF	0,1	0,01	0,1
	SO_2-Äquivalent	**39,9**	**13,1**	**53,0**
Ozon	CO	7,3	28,4	35,7
	NMVOC	1,1	0,9	2,0
	Flugasche	1,8	0,6	2,4
	anderer Staub	0,3	0,2	0,5

Während des 8. Fachkongress Zukunftsenergien der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW am 10.02.2004 in Essen im Rahmen der Messe E-world energy & water wurden zukunftsweisende Fachforen gehalten:

- Energieforschung in NRW
- Kompetenzfeld Photovoltaik NRW
- Energetische Nutzung von Biomasse
- Investitionen im liberalisierten Energiemarkt

Der internationale Deutsche Wasserstoff Energietag 2004 wurde am 11. und 12.02.2004 im Congress-Center-West, Messe Essen durchgeführt.

- Veranstalter: Deutscher Wasserstoff-Verband
  Landesinitiative Zukunftsenergien NRW
  E-world energy & water
- Schirmherrschaft:
  - Wolfgang Clement
    Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit
  - Peer Steinbrück
    Ministerpräsident des Landes Nordrhein-Westfalen

Tabellarischer Vergleich der Schadstoff-Emissionen durch den Einsatz verschiedener Brennstoffe in Motoren und Brennstoffzellen:

Berücksichtigung finden sowohl die Kraftstoffherstellung als auch der Kraftstoffverbrauch im Fahrbetrieb

Motor- und BZ-Typ / [mg/m³]	Kohlenmonoxid	Stickoxid	Kohlenwasserstoff	Schwefeloxid	Kohlendioxid
Elektro-Motor	116	90	280	89	25.000
Wasserstoff-Motor (herstellt durch Dampfreformierung aus Erdgas)	137	1	75	109	16.000
Wasserstoff-Motor (Wasserstoff regenerativ herstellt)	0	0	0	40	0
Otto-Motor	125	30	846	127	434.000
Diesel-Motor	110	30	230	218	540.000
Brennstoffzelle mit Methanol	87	1	42	24	5.000
Brennstoffzelle mit Wasserstoff (herstellt durch Dampfreformierung aus Erdgas)	64	1	35	32	7.000
Brennstoffzelle mit Wasserstoff (Wasserstoff regenerativ herstellt)	0	0	0	0	0

Quelle:
Daimler-Benz
1997

Nach BP/ARAL baut nun auch TOTAL in Berlin eine Wasserstoff-Tankstelle.

Die Mineralölindustrie tritt nun nach den Jahren der Wertschöpfungs-Analysen in die Projekt-Phase ein; die Akzeptanz in der Bevölkerung soll durch anschauliche und erlebbare Demonstrationen der Machbarkeit erreicht werden.

Nicht nur die relativ geringe Reichweite des Energieträgers Erdöl, auch das wachsende Klimaproblem sind maßgebliche Gründe für den "neuen" Fokus der Mineralölindustrie.

Wissenschaftlich erwiesen ist, dass durch menschliche Einflüsse die existenten Probleme Smog, saurer Regen, Ozonloch und Treibhauseffekt entstanden sind.
Viele Unternehmen sind sich Ihrer Verantwortung bewußt geworden und handeln.

Die Beziehung zueinander von dem atmosphärischen CO_2-Gehalt und der Jahresmitteltemperatur wurde bewiesen durch Bohrungs-Auswertungen im arktischen Eis; die ältesten auswertbaren Bohrungen stammen von der russischen Station Vostok und stammen aus den 80er Jahren.
Die mittlere Temperatur ist mit dem Ende der letzten Eiszeit innerhalb von 12.000 Jahren um 10 Kelvin gestiegen, wobei der anteilige Anstieg von 0,6 K in den letzten 250 Jahren stattfand.
Der CO_2-Gehalt ist mit der Industrie-Entwicklung der letzten 250 Jahre um 40% angestiegen.

Der erhöhte Energiebedarf, der umweltbewußte Energieträger:

Verbrauchsprognosen:

- In einer Studie der TU München wird für die Mitte des 21. Jahrhunderts gegenüber dem Jahr 2000 ein knapp verdoppelter Energiebedarf geschätzt, sowie für den gleichen Zeitraum eine Erhöhung der erneuerbaren Energie von 10% auf ca. 20% für die anteilige Deckung der Energie-Verbrauchssteigerung.

- In einer Studie von Shell wird bereits für 2050 gegenüber dem Jahr 2000 von einer 2,5fachen Energie-Verbrauchssteigerung ausgegangen; gerechnet wird mit einem 50%igen Anteil der erneuerbaren Energien zur Deckung im Jahre 2050.

Herstellungsabhängige Preise für Wasserstoff:
Tabellarische Listung:
Quelle: der Wasserstoff-Einführungsreport des Deutschen Wasserstoff-Verband e.V. von 2003:
Zugrunde gelegt wurden Kostenberechnungen aus dem Jahre 2000:

Verfahren	Kosten [Cent / kWh]
Erdgasreformierung	3 bis 4
Wasserkraft / Elektrolyse	9 bis 15
Windenergie / Elektrolyse	8 bis 25
Photovoltaik / Elektrolyse	33 bis 73
Biomassevergasung	4 bis 9
Vergleich zum Diesel	8,5

Für den Einstieg zum Ausbau der bereits bestehenden Wasserstoff-Infrastruktur
eignen sich rechnerisch die Erdgasreformierung als auch die Biomassevergasung.
Die industrielle Nutzung des Wasserstoffs seit mehr als 100 Jahren und die daraus resultierenden Erfahrungen mit diesem Energieträger ermöglichen die sichere Handhabung bei dessen Erzeugung, Speicherung, Transport, Verteilung und Anwendung.
Die Beispiele sind zahlreich !!

10.2 Energie-Forschung

Technologie und Energie

Schlüsseltechnologien für neue Arbeitsplätze

BMWA Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit:

Eine zukunftsfähige Energieversorgung baut darauf, dass frühzeitig neue Technik-Optionen zur Verfügung stehen. Deshalb sind zum einen die bereits verfügbaren Techniken effizienter und wirtschaftlicher zu machen, zum anderen gilt es, weitere Technologie-Potenziale zu erschließen. Das Energieforschungsprogramm des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) unterstützt daher Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (FuE) von Unternehmen, Forschungsinstituten und Universitäten. Im Jahr 2002 standen dafür rund 160 Millionen Euro bereit, davon etwa 40 Millionen Euro aus dem Zukunfts-Investitions-Programm (ZIP), mit dessen Hilfe für drei Jahre (2001 bis 2003) die Energieforschungsaktivitäten verstärkt werden.

Die FuE-Förderung trägt dazu bei,

- den Energiemix zu verbreitern und so die Abhängigkeit von Importen zu verringern,
- die Emission klimaschädlicher Gase zu senken,
- die Entwicklung von Hochtechnologien in Deutschland voranzubringen
- die Exportchancen deutscher Unternehmen auf einem von starker Konkurrenz geprägten Weltmarkt für Energietechniken zu verbessern und Arbeitsplätze zu schaffen.

Die Förderschwerpunkte des BMWA liegen auf der Entwicklung von Techniken, welche es ermöglichen, den Energiebedarf weiter zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und neue Energietechnologien zu entwickeln.

10.2.1 Ziel: Energiebedarf verringern

Das BMWA unterstützt Modellvorhaben zur Niedrigenergiebauweise, Demonstrationsobjekte zur energiegerechten Sanierung vorhandener Bausubstanz sowie neu Wärmedämmverfahren. Das Erzeugen von Heizwärme und Warmwasser mittels Sonnenenergie (Solarthermie) ist dank öffentlicher Forschungsförderung auf dem Weg zur Wirtschaftlichkeit:
Betrugen die Wärmegestehungskosten vor wenigen Jahren noch 30 Pfennig (15 Cent) pro Kilowattstunde (kWh), so sind sie zwischenzeitlich auf 11 bis 13 Cent gesunken. Angestrebt ist eine Spanne von 8 bis 10 Cent pro Kilowattstunde.

10.2.2 Ziel: Energie-Effizienz erhöhen

Um die Energie-Effizienz zu erhöhen, um also z.B. mehr Strom aus einer Tonne Kohle gewinnen zu können, fördert das BMWA die Entwicklung neuer Energieumwandlungstechniken.

Derzeit gibt es zwei Schwerpunkte:

- **Brennstoffzellen** wandeln **Wasserstoff** (z.B. aus Erd-, Gruben- oder Biogas) **besonders effizient und sauber** in elektrischen Strom und Wärme um.
  Auch auf Grund der Förderung durch das BMWA konnten sich deutsche Unternehmen in diesem Zukunftsmarkt einen weltweiten Spitzenplatz in der Technologieentwicklung erarbeiten.

- Verbesserte Verbrennungsverfahren und hocheffiziente Kraftwerkskonzepte eröffnen ein besonders hohes Potential, um die Emissionen klimaschädlicher Gase zu reduzieren.

Wichtige Themen sind: Materialien und Messtechniken ("KOMET 650"), Druckkohlenstaubfeuerung und Hochleistungs-GuD-Kraftwerke (AG Turbo). Damit werden Wirkungsgradsprünge von kurzfristig 2% bis mittelfristig 5% erwartet.

Das BMWA hat darüber hinaus die Initiative ergriffen, ein neues Forschungsprogramm zur Realisierung emissionsarmer Kraftwerke auf Basis fossiler Energieträger zu entwickeln. Dieses Programm namens COORETEC soll die Grundlage dafür schaffen, den ab Januar 2010 absehbaren Ersatz- und Neubaubedarf im Kraftwerkssektor auf möglichst hohem technischen Niveau durchführen zu können. Das Programm schließt auch die längerfristige Entwicklung "CO_2-emissionsfreier Kraftwerke" (zero emission power plants) ein. Hierbei ist unterstellt, dass trotz aller Bemühungen zum Ausbau der regenerativen Energiequellen auf absehbare Zeit (insbesondere auch unter Berücksichtigung des beschlossenen Kernenergie-Ausstiegs) der Einsatz fossiler Energieträger unverzichtbar ist.

10.2.3 Verstärkung der Energieforschung durch das Zukunfts-Investitions-Programm

Das BMWA fördert aus dem Ende 2000 beschlossenen Zukunfts-Investitions-Programm (ZIP) der Bundesregierung fast 80 neue Projekte zur Erforschung und Entwicklung umweltschonender Energietechniken.
Insgesamt rund 123 Mio. Euro stellt es dafür bereit. Die ZIP-Mittel kommen aus den Zinsersparnissen der UMTS-Lizenzversteigerungen. Sie erhöhen die langfristigen Energieforschungsmittel des BMWA spürbar und beschleunigen die Markteinführung der neuen Techniken deutlich. Ergänzt werden sie durch Eigenmittel der Unternehmen. Der Gesamtumfang der genannten Forschungs- und Entwicklungsprojekte beläuft sich damit auf über 230 Mio. Euro. Ende 2001 hat das BMWA nun die letzten Bewilligungen im Rahmen des auf drei Jahre angelegten Zukunfts-Investitions-Programm im Bereich Energieforschung unterzeichnet.
Schwerpunkte sind:

- **Brennstoffzellen für den stationären und mobilen Einsatz**
  - 44 Vohaben
- **Neue Antriebstechnologien und regenerativ erzeugte Treibstoffe**
  - 11 Vohaben
- **Energetische Sanierung von Altbauten**
  - 13 Vohaben

Über Details und Fortschritte der Projekte wird in den jährlichen Berichten des Projektträgers Jülich sowie fallweise im Informationsdienst BINE des Fachinformationszentrums Karlsruhe berichtet.

10.2.4 Transfer von Forschungsergebnissen

Im Auftrag des BMWA koordiniert der Projektträger Jülich (PTJ), angesiedelt im Forschungszentrum Jülich, die geförderten FuE-Projekte **mit dem Ziel, Wissenschaft und Wirtschaft enger zusammenzubringen.**
Weil die besten wissenschaftlichen Erkenntnisse nichts nützen, wenn sie nicht verbreitet werden, hat das BMWA den Informationsdienst BINE damit beauftragt, die Projektergebnisse der breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen. Umfangreiche schriftliche und elektronische Informationen sind bei BINE abrufbar.

10.3 Energie und Klima

Der Klimaschutz ist die größte umweltpolitische Herausforderung.
Klimaforscher sehen zahlreiche Indizien dafür, dass der Klimawandel bereits begonnen hat. Eines davon ist der Umstand, dass von den zehn heißesten Jahren seit dem Beginn der weltweiten Temperaturaufzeichnungen in der Mitte des 19. Jahrhunderts sieben auf das letzte Jahrzehnt entfielen. Nach Einschätzung vieler Wissenschaftler ist diese Entwicklung mit hoher Wahrscheinlichkeit auch auf menschlichen Einfluss zurüchzuführen !
Deshalb müssen die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen, besonders das bei Verbrennungsprozessen entstehende Kohlendioxid (CO_2), weltweit drastisch gesenkt werden.

10.3.1 Reduzierungsziele für Treibhausgase

Deutschland will seine Treibhaus-Emissionen senken. 1995 hatte sich die damalige Bundesregierung **das Ziel gesetzt, den energiebedingten CO_2-Ausstoß bis 2005 gegenüber 1990 um 25% zu reduzieren.**
Diese Zielmarke hat die neue Bundesregierung übernommen. Mit dem 1997 ausgehandelten "Kioto-Protokoll" zum UN-Rahmenübereinkommen über Klimaänderungen haben sich die Industriestaaten verpflichtet, die Emissionen von sechs Treibhausgasen innerhalb des Zeitraums 2008 bis 2012 um mindestens 5% gegenüber dem Niveau von 1990 zu senken. Die Staaten der EU haben sich darauf verständigt, wie das auf sie entfallende Kontingent untereinander aufzuteilen ist. Deutschland hat bei dieser Lastenteilung einen Anteil von 21% übernommen.

10.3.2 Stand der Reduzierung

Von 1990 bis 1999 hat Deutschland seine Emissionen von Kohlendioxid um 15,3% verringert, eine Folge vor allem der Modernisierung in den neuen Bundesländern. In den einzelnen Bereichen verlief die Entwicklung höchst unterschiedlich. Die Industrie konnte den Ausstoß um 31,0%, die Energiewirtschaft um 16,1% senken. Dem hingegen emittierten die privaten Haushalte 6,0% **...**

... und der Verkehr 11,1% mehr Kohlendioxid. **Um die Klimaschutzziele zu erreichen, ist ein Trendumkehr in diesen Bereichen erforderlich.**

10.3.3 Bisherige Maßnahmen

Seit Herbst 1998 hat die neue Bundesregierung wichtige Maßnahmen ergriffen, welche die Bürger für einen sparsameren Energieverbrauch motivieren und Impulse für den Ausbau erneuerbarer Energien geben. **Zu nennen sind** unter anderem die ökologische **Steuerreform**, das **"Marktanreizprogramm zugunsten erneuerbarer Energien"** und das **"100.000 Dächer-Solarstrom-Programm"** sowie das **"Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)"**.

10.3.4 Künftige Maßnahmen

Weitere Schritte sind notwendig, soll das Ziel bis 2005 erreicht werden.
Die Schwerpunkte hat die Bundesregierung am 18.10.2000 in ihrem "Klimaschutz-Programm" gesetzt:

- **Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)**

  Am 04.07.2001 hat das Bundeskabinett einer zwischen den Bundesministern Dr. Werner Müller und Jürgen Trittin und der deutschen Wirtschaft erzielten Einigung über zusätzliche Maßnahmen zum Klimaschutz und den darauf aufbauenden Eckpunkten einer gesetzlichen KWK-Regelung zugestimmt. Kernstück der Vereinbarung ist die Selbstverpflichtung der Wirtschaft zur Förderung der KWK, welche durch eine gesetzliche Regelung flankiert werden soll. Ziel ist der Erhalt, die modernisierung und der Zubau von KWK-Anlagen. **Allein in diesem Bereich sollen Einsparungen von möglichst 23 Millionen Tonnen pro Jahr bis 2010, jedenfalls nicht unter 20 Millionen Tonnen pro Jahr bis 2010 erzielt werden.** Die Umsetzung der Vereinbarung wird kontinuierlich überprüft.

- **Energieeinsparverordnung**

  Die am 01.02.2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung (EnEV) fasst die bisherigen Anforderungen der Wärmeschutzverordnung und der Heizungsanlagenverordnung zusammen. **Die EnEV soll den Energiebedarf von Neubauten um 30% gegenüber dem bisherigen Stand absenken.**

- **Programm zur CO_2-Minderung im Gebäudebestand**

  Damit der Energieverbrauch bestehender Gebäude sinkt, gibt der Bund mit einem neuen Förderprogramm noch stärkere wirtschaftliche Anreize, um Altbauten energetisch zu sanieren. **Für das Anfang 2001 gestartete KfW-CO2-Gebäudesanierungsprogramm stehen bis 2003 jährlich 202 Millionen Euro bereit.**

- **Maßnahmen zur CO_2-Minderung im Verkehrsbereich**

  Zu den verkehrsbezogenen Maßnahmen gehören eine **Streckenabhängige Autobahnbenutzungsgebühr für schwere Lkw** ab 2004 (ursprünglich ab 2003: technische Mängel haben dies verhindert), die **verstärkte Förderung verbrauchsarmer Fahrzeuge im Rahmen der Kfz-Steuer,** die **weitere Förderung der Bahn**, der **verstärkte Einsatz von Leichtlaufölen**, sowie die **Einführung emissionsdifferenzierter Landegebühren für Flugzeuge**.

- **Selbstverpflichtung der Wirtschaft**

  Am 09.11.2000 haben die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft eine Vereinbarung zur Klimavorsorge unterzeichnet. Danach verpflichtet sich die deutsche Wirtschaft unter anderem dazu, **ihre spezifischen CO_2-Emissionen bis 2005 um 28% zu senken** (Basis: 1990). **Damit wird die frühere Zusage von 1996, welche eine Reduktion von 20% vorsah, deutlich übertroffen**. Die Wirtschaft hat **ferner zugesagt**, **die spezifischen Emissionen bei den sechs "Kioto-Gasen"** bis zum Jahr 2012 im Vergleich zu 1990 **insgesamt um 35% zu verringern**.

- **Forschung und Entwicklung**

  Für die Entwicklung und Demonstration umwelt- und klimaschonender Energieformen stellt der bund jährlich zusätzlich rund 50 Millionen Euro über einen Zeitraum von drei Jahren im Rahmen des Zukunfts-Investitions-Progamm zur Verfügung.
  In ihrem eigenen Geschäftsbereich (Gebäude, Fuhrpark) will die Bundesregierung bis 2005 eine 25%tige CO_2-Reduzierung erreichen (bis 2010 sollen es 30% sein). Außerdem wurde die **deutsche Energie-Agentur (DEnA)** gegründet. Bei vielen privaten Haushalten und Unternehmen bestehen große Informationsdefizite über wirtschaftlich umsetzbare Energieeinsparmaßnahmen. **Diese neue Agentur soll durch Information und Beratung der Öffentlichkeit diese Defizite abbauen.**

10.4 Energie-Glossar

Dieser Report zeigt die aktuellen Entwicklungsprozesse, die fundierten Strukturen sowie die realen Entwicklungspotenziale und ist somit ein Instrument.

Dieser Report greift als **"Potential-Scout"** und **"Wirtschafts-Moderator"** nachhaltig, dynamisch und unterstützt die lokalen Strukturen.

Diese nachhaltige und dynamische Arbeit beobachtet den nationalen und internationalen Wettbewerb durch Austausch mit der Wirtschaft, der Forschung,der Wissenschaft und den strategisch arbeitenden Allianzen.

Eines der wichtigsten Ziele, die Unterstützung der lokalen Strukturen, wird durch leicht verständliche Ausführungen und Erläuterungen gesichert.
Da die Technologien dieses Report beinahe in allen Energiebranchen von Bedeutung wurden, habe ich mich entschlossen, diesen Report mit einem Energie-Glossar auszubauen.

Die Energie-Branche birgt die Schlüsseltechnologien für neue Arbeitsplätze mit den größten Entwicklungs-Potenzialen.
Auf Grund der Eigen-Dynamik der Energie-Branche umfasst der folgende Glossar die Grundbegriffe aller Energie-Branchen:

Absorber	Die Aufname-Fläche eines **Sonnenkollektor**s. Der Absorber nimmt die Energie der Sonne auf und wandelt diese in Wärme. Moderne, hochwertige Absorber sind bereits geeignet, mehr als 90% der Sonnen-Energie zur Brauchwasser-Erwärmung umzusetzen.
Aktive Sonnenenergie-Nutzung	Im Unterschied zur **passiven Sonnenergie-Nutzung**, bei der unter Verzicht auf technische Systeme (Pumpen, Motoren, etc.) allein durch architektonische Maßnahmen Solarenergie genutzt wird, wandeln bei aktiver Sonnenenergie-Nutzung Kollektoren die Sonnen-Energie in Wärme (**Solarthermie**) und Solarzellen die Sonnen-Energie in Strom (**Photovoltaik**) um. Zur Optimierung der Sonnenenergie-Ausbeute werden die passive und aktive Nutzung kombiniert.
Anlagen-Contracting	Form des **Contracting**, bei der die Vergütung des "Contractors" von der erzielten Energieeinsparung unabhängig ist. Im Rahmen der Vertragslaufzeit amortisieren sich in vielen Fällen die getätigten Investitionen: Der Energie-Nutzer bezahlt alle Aufwändungen des Contractors einschließlich eines angemessenen Gewinns.
°API	Maßeinheit für die Dichte / das spezifische Gewicht der flüssigen Kohlenwasserstoffe (API = American Petroleum Institute); niedrige Grade entsprechen schwerem Öl.
Aquifer	(Grundwasserleiter) Teile der Erde, welche Grundwasser enthalten und geeignet sind, es weiterzuleiten.

Atmosphäre

Die Gashülle eines Planeten wird durch die Atmosphäre gebildet. Am Beispiel der Erde:
Die Troposphäre bis zu einer Höhe von 10 km besteht aus:
78% Stickstoff, 21% Sauerstoff, 0,97% Edelgas,
0,03% Kohlendioxid.

b, bbl

barrel: Fass (158,984 Liter)

Biogas

Biogas gehört zu den **erneuerbaren Energieträgern**.
Biogas entsteht beim bakteriellen Abbau von organischem Material: Pflanzen(reste), tierische Exkremente, Abfälle aus der Landwirtschaft etc. Unter Licht- und Luft-Abschluss in einem Faulbehälter und enthält im wesentlichen Methan (CH_4).
Neben dem Brennstoff entsteht hochwertiger Dünger.

Biomasse

Die Biomasse ist die gesamte Substanz, anfallend bezw. erzeugt durch Flora und Fauna.
Beim Einsatz der Biomasse zur Strom-, Wärme- oder Treibstoff-erzeugung ist zu unterscheiden zwischen: nachwachsenden Rohstoffen bezw. Energiepflanzen und organischem Abfall.
Nachwachsende Rohstoffe:

- Schnell wachsende Baumarten, spezielle einjährige Energiepflanzen mit hohem Ertrag an Trockenmasse.
  - Einsatz: Brennstoff
- Zucker- und stärkehaltige Feldfrüchte zur Umwandlung in Äthanol, Ölfrüchte für die Gewinnung von Biodiesel und Bioölen.
  - Einsatz: Schmierstoff, Treibstoff
- Organische Reststoffe fallen an in der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft, der Industrie, den Haushalten.
  - Einsatz: Grundstoff zur **Biogas**-Erzeugung

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Blockheizkraftwerke sind Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme, welche nach dem Prinzip der **Kraft-Wärme-Kopplung** arbeiten: Die Generatoren, angetrieben durch Diesel- oder Gas-Motoren, erzeugen elektrischen Strom. Die Abwärme der Motoren wird nutzbar. Auch Brennstoffzellen werden als BHKW eingesetzt, Brennstoffzellen erreichen einen höheren Stromanteil (hohe Stromkennziffer). Der Gesamt**wirkungsgrad** der BHKW´s ist höher, da Strom und Wärme erzeugt werden; die Energie-ausnutzung erreicht einen Wert bis zu 85%.

boe

barrel(s) of oil equivalent

BP

British Petroleum

Brennstoffzelle

Brennstoffzellen sind Aggregate, mit denen Strom und Wärme erzeugt werden; aus chemischer Energie, mit hohem **Wirkungs-grad**, mit geringem CO_2-Ausstoß, fast ohne Schadstoffe.
Erläuterungen sind im Report gegliedert.

Brennwertheizung

Die Brennwertheizung ist eine richtungsweisende Entwicklung. Zusätzlich nutzbare Wärme wird von der Anlage abgegeben, **...**

... indem der Wasserdampf im Abgas kondensiert.
Brennwertgeräte übernehmen wie herkömmliche Heizkessel die zentrale Beheizung von Wohnungen etc. sowie die Warmwasserbereitung. Um die Abgas vorhandene Kondensationswärme nutzen zu können, ist eine niederige Rücklauftemperatur aus dem Heizungssystem erforderlich. Je niedriger die Rücklauftemperatur ist, desto mehr Wasserdampf kann aus den Verbrennungsgasen freigesetzt werden. Deshalb erreichen Brennwertkessel ihren höchsten **Wirkungsgrad** in Verbindung mit Niedertemperatur-Heizflächen sowie in der Übergangszeit.

Contracting

Contracting ist ein Konzept der Dienstleistung mit dem Ziel, die Effizienz bei der Energieerzeugung, Energieumwandlung und Energienutzung in allen Verbrauchsbereichen zu verbessern. Ein Contractor ist ein aussenstehender Investor, der je nach Vertragsumfang die Planung, die Finanzierung, die Bauausführung sowie den laufenden Betrieb des Projekt (z.B.: **BHKW**) übernimmt.
Anbieter solcher Contractinglösungen können angeboten werden von Energieversorgungsunternehmen (EVU), von Energieagenturen (EA), von Heizanlagenherstellern, von großen Handwerksunternehmen oder auch von Dienstleistern der Energietechnik. Contracting ist interessant für Privathaushalte, für die öffentliche Hand und auch für Unternehmen auf Grund der erzielten Energieeinsparungen und nützt der Umwelt.
(**Anlagen-Contracting** / **Einspar-Contracting**)

depletition mid point

Zeitpunkt, zu dem die Hälfte der ursprünglichen Reserven bzw. des Gesamtpotentials gefördert worden ist.

depletition rate

Entnahmerate (in % der Reservemenge).

Emission

Als Emission werden Schadstoffe (gasförmig, flüssig oder fest) bezeichnet, welche durch eine Anlage, durch ein Gebäude, durch eine Fabrik oder durch ein Verkehrsmittel in die Umwelt abgegeben werden. Ebenfalls als Emission werden die Abgabe von Wärme, von Geräuschen oder von Strahlung in die Umwelt bezeichnet.
Die Einwirkung von Emission wird als **Immission** bezeichnet. Hier gibt es Grenzwerte (Höchstwerte) für die rechtlich zulässige Schadstoffabgabe an die Umwelt.

Energie

Energie ist die von einem System verrichtete Arbeit, wid in **Joule** (J) gemessen und ist ein Produkt aus Leistung und Zeit.
Physikalische Unterschiede in Art und Form: (**Energieformen**)

- mechanische Energie: Bewegungs- oder kinetische Energie, potentiale Energie der Lage
- thermische Energie: Wärmeenergie
- chemische Energie
- elektrische Energie
- Strahlungsenergie
- Kernenergie, Fusionsenergie

Für den Energiemarkt ist die eigentliche nutzbare Bezugsgröße **...**

... der Teil der Energie, der z.B. über der Umgebungstemperatur liegt. Demnach gilt: je höher das Temperatur-Niveau ist, um so höher ist der Energie-Wert der Wärmeeinheit.
Der nicht nutzbare Energieanteil wird als Anergie bezeichnet.
Energie läßt sich in vier Stufen einteilen, nach der Reihenfolge ihres Einsatz:

- **Primärenergie**
  - natürliche Energiequellen (Brennstoffe) sowie **erneuerbare Energiequellen**
- **Sekundärenergie**
  - umgewandelte Primärenergie (z.B.: Koks, Brikett, Strom, Fernwärme, Heizöl, Benzin)
- Endenergie
  - Energie am Ort des Verbrauchs
- **Nutzenergie**
  - umgewandelte Endenergie (z.B.: Heizwärme, Prozesswärme, Licht, mechanische Energie)

Energieberatung

Bereits seit Ende der siegziger Jahre unterstütz das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie die unabhängige Energieberatung privater Haushalte.
Von der Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv) kann sich jeder Bürger in punkto Energiesparmaßnahmen kostenlos umfassend beraten lassen.
Zum einen "stationär" in den Beratungsstellen der Verbraucherzentralen der Bundesländer und zum anderen "mobil" in zwei Beratungsfahrzeugen, die bundesweit im ländlichen Bereich eingesetzt werden.

Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV), welche am 01.02.2002 in Kraft getreten ist:

- fasst die bisherige Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagen-Verordnung (Gebäude, Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung) zusammen;
- erhöht das Anforderungsniveau bei Neubauten gegenüber dem bisherigen Standard um etwa 30%;
- legt die neuesten europäischen und deutschen technischen Normen zugrunde;
- passt die Anforderungen an Altbauten dem technischen Fortschritt an und
- erhöht des Weiteren durch Ausweitungen der Anwendungsbereiche für den Energie- und Wärmebedarfsausweis die Transparenz für Gebäudeeigentümer und Mieter.

Energieetikett

Das europaweit gesetzlich vorgeschriebene Energieetikett ist beim Neukauf von Haushaltsgeräten (z.B.: Kühlgeräte, Gefriergeräte, Waschmaschinen, Wäschetrockner, Geschirrspülmaschinen, Haushaltslampen etc.) eine wichtige Entscheidungshilfe. Das Etikett, welches an jedem angebotenen gerät kleben muss, gibt Auskunft über Sparsamkeit und Leistungsfähigkeit. **...**

... Die Farbskala reicht von
- grün (A = ausgesprochen günstiger Energieverbrauch)

bis
- rot (G = großer Stromverbrauch)

und zeigt den Energieverbrauch auf einen Blick.

Energieformen

Im Rahmen der Energieversorgung und Energieanwendung wird zwischen verschiedenen Energieformen unterschieden:
- **Primärenergie**
- **Sekundärenergie**
- Endenergie
- **Nutzenergie**
- Energiedienstleistung

Nach dem Energieerhaltungssatz kann Energie nicht vernichtet werden, Energie wird von einer Energieform in eine andere Energieform gebracht.

Energiepolitik

Energiepolitik ist ein wesentlicher Bestandteil der Wirtschaftspolitik und steht im Dienst der allgemeinen wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Ziele.
Im Hinblick auf die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen spielen spielen für die Energiepolitik aßnahmen, welche auf eine Verminderung der durch die Energieerzeugung und Energieverwendung hervorgerufenen **Emissionen** abzielen, eine wichtige Rolle.

Energiereserven

Als Energiereserven werden die in der Erde lagernden Vorräte an fossilen Brennstoffen bezeichnet, welche nachgewiesen, sicher verfügbar und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbar sind.
Gleichbleibenden Energiebedarf und gleichbleibende Nutzung unterstellt, reichen die derzeit bekannten Welt-Energiereserven an Erdöl und Erdgas 43 bzw. 66 Jahre und bei Kohle circa 170 Jahre.

Energieressourcen

Neben den **Energiereserven** gibt es nachgewiesene und vermutete Vorräte von Energieträgern, so genannte Energieressourcen, welche jedoch derzeit aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen noch nicht gewinnbar sind.

Energiespar-Contracting
(Performance-Contracting)

Eingesparte Energiekosten sind die Grundlage für die Finanzierung der Investition des Contractors dieser **Contracting**-Form.

Energiesparlampen

Energiesparlampen sind wirtschaftlich, wenn Lampen lange in Betrieb sind, um einen hohen Energieverbrauch stark zu mindern. Diese Energiesparlampen (Kompakt-Leuchtstofflampen) verbrauchen ca. 80% weniger Strom als herkömmliche Glühlampen bei gleicher Lichtausbeute.
Eine Energiesparlampe mit 15 Watt entspricht in der Leuchtkraft einer herkömmlichen Glühlampe von 75 Watt und darüber hinaus haben Energiesparlampen eine ca. achtmal längere Lebensdauer.

Energieverbrauch	Der **Primärenergie**-Verbrauch in Deutschland beträgt derzeit ca. 14.500 Peta**joule** pro Jahr ! Davon sind rund 85% **fossile Energieträger**. Spitzenreiter beim Energieverbrauch sind die Privathaushalte mit 30%. Danach folgen der Verkehr mit 28%, die Industrie mit 25% und das Gewerbe mit dem Handel und der Dienstleistung mit 16%.
Erdgas	Natürlich in der Erde vorkommende oder an der Erdoberfläche austretende Gase unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung, in diesem Kontext zu verstehen als brennbare Gase.
Erdöl	Natürlich vorkommendes Gemisch aus flüssigen **Kohlenwasserstoffen.**
Erdöl, konventionell	Fließbares Erdöl in der Lagerstätte, **API** höher als 20 - 25°.
Erdöl, nicht konventionell	Schweröl, Schwerstöl, Ölsand (Bitumen, Asphalt), Ölschiefer; in der Lagerstätte nicht fließbar.
Erdwärme	(**Geothermie**)
Erneuerbare Energie	Erneuerbare Energie (regenerative Energie oder auch alternative Energie) sind Energiequellen oder auch Energieträger, welche sich ständig erneuern oder nachwachsen, welche somit nach menschlichem Ermessen unerschöpflich sind. - Sonnenenergie, **Windenergie**, **Biomasse**, **Wasserkraft**, Umgebungswärme, **Erdwärme** (Geothermie), Gezeitenenergie
EU-15	Europäische Union (EU 15): Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Finnland, Großbritannien, Griechenland, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweden, Spanien
EUR	(Estimated Ultimate Recovery) **Gesamtpotential**
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
European Energy Exchange (EEX)	(**Strombörse**)
field growth	Zunahme / Wachstum der Reserven in einem Öl- / Gasfeld durch erhöhte Ausbeutefaktoren in Folge Nutzung verbesserter Fördertechnologien und besserer Kenntnis der Lagerstätte und der Abbauprozesse.
Förderprogramme	Zahlreiche Förderprogramme unterstützen Maßnahmen zur Energieeinsparung und den Einsatz **erneuerbarer Energien**. Zu nennen sind zum Beispiel das 100.000 Dächer-Solarstrom-Programm, das Marktanreizprogramm oder die "Vorortberatung". **...**

... Energie-Förderprogramme:

- Förderdatenbank des BMWi
- Umfassende Informationen über bestehende Förderprogramme: BINE Informationsdienst:
  Fachinformationszentrum Karlsruhe - Büro Bonn
  Mechenstr. 57
  53129 Bonn
  Tel.: 0228 / 92379-0
  Fax: 0228 / 92379-29
  Internet: bine.fiz-karlsruhe.de

Auskunft über das Förderprogramm Energieforschung und Energietechnologien erteilt des Weiteren der Projektträger:

- Forschungszentrum Jülich GmbH
  Projektträger Jülich (PTJ)
  52425 Jülich
  Tel.: 02461 / 61-3883 oder -3266
  Fax: 02461 / 61-2880
  Internet: fz-juelich.de/ptj

Informationen über Fördermaßnahmen enthalten auch die Broschüren "Jetzt erneuerbare Energien nutzen" sowie "Wirtschaftliche Förderung". Diese sind erhältlich beim:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
  Postfach 300265
  53182 Bonn
  Fax: 0228 / 4234-462
  eMail: bmwi@gvp-bonn.de

Fossile Energieträger

Fossile Energieträger entstanden vor Jahrmillionen bei der Zersetzung von abgestorbener Flora und Fauna unter Sauerstoffabschluss sowie unter hohen Temperaturen und dem Druck der darüberliegenden Gesteinsschichten. Dazu zählen das Erdöl, das Erdgas, die Braunkohle und die Steinkohle. Durch Verbrennung oder Umwandlung dieser fossiler Brennstoffe wird **Kohlendioxid** (CO_2) freigesetzt. Derzeit decken die fossilen Energien ca.85% des weltweiten Energiebedarf.

Geothermie (Erdwärme)

Die im Erdinnern entstehende und gespeicherte Wärmeenergie wird als Energiequelle genutzt. Pro 100 Meter Tiefe steigt die Temperatur um ca. 3°C. Durch Wärmepumpen wird die oberflächennahe Wärme genutzt. In Gegenden mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen (z.B.: heisse Tiefenwasser) lohnen sich Anlagen zur direkten Nutzung der tiefen Erdwärme. Bei den geothermischen Vorkommen handelt es sich um Thermalwasser mit Temperaturen zwischen 40°C und 100°C, das aus tiefliegenden Erdschichten (1.000 bis 2.500 Meter) entnommen wird. Grundsätzlich kann das Wasser zu Heizzwecken genutzt werden, bei guter Wasserqualität auch direkt für Bäder oder Gewächshäuser.
Ab einer Tiefe von 5.000 Metern kann Dampf bei ausreichend hohen Temperaturen durch die sogenannte Hot-Dry-Rock-Technik zur Stromerzeugung genutzt werden. Die in Deutschland vergleichsweise ungünstigen geothermischen Verhältnisse und die hohen Investitionskosten behindern die wirtschaftliche Nutzung der etablierten Erdwärmesonden mit Wärmepumpen.

Gesamtpotential	**Kumulierte Förderung** plus **Reserven** plus **Ressourcen**, auch **Estimated Ultimate Recovery (EUR)**.
GUS	Gemeinschaft Unabhängiger Staaten: Armenien, Aserbaidschan, Georgien, Kasachstan, Kirgisistan, Moldawien, Russland, Tadschikistan, Turkmenistan, Ukraine, Usbekistan, Weißrussland.
Hartkohle	Anthrazit, Steinkohle, Hartbraunkohlen mit einem Energieinhalt der Kohle (aschefrei) > 16.500 KJ/kg
HDR-Verfahren	Hot-Dry-Rock-Verfahren: in Gesteinen mit sehr geringer hydraulischer Durchlässigkeit und Temperaturen > ca. 150°C werden zwischen Tiefbohrungen durch hydraulische Risserzeugung Fließwege geschaffen, welche als Wärmetauscher dienen. Durch Wasserzirkulation wird wärmeenergie gewonnen.
Hydrate	Feste (schneeartige) molekulare Verbindungen zwischen Gasen und Wasser, welche unter bestimmten Druck- Temperatur-Bedingungen stabil sind.
hydrostatisch	Dem Druck der darüber befindlichen Wassersäule entsprechend.
hydrothermale Hochenthalpie-Lagerstätte	Dampf- oder Heißwasservorkommen mit einer Temperatur über 150°C.
hydrothermale Niedrigenthalpie-Lagerstätte	Dampf- oder Heißwasservorkommen mit einer Temperatur unter 150°C.
IEA	International Energy Agency (Sitz: Paris), zur **OECD** gehörend.
Immission	Als Immission wird die Einwirkung von **Emissionen** auf den Boden, das Wasser, den Menschen, die Flora, die Fauna oder auf Sachgüter bezeichnet. Messgröße: z.B.: die jeweilige Konzentration eines Schadstoff pro Quadratmeter Fläche oder Kubikmeter Luft.
Joule (J)	Seit dem ersten Januar 1978 ist Joule (J; 1J=1Wattsekunde) die internationale Maßeinheit für Energie, benannt nach dem englischen Physiker James Prescott Joule (1818 bis 1889). Die Maßeinheit Joule hat die frühere Einheit Kilokalorie (kcal) ersetzt. Letzte Seite: **Maßeinheiten**
Katalysator	Durch einen Katalysator wird eine Stoffumwandlung beeinflusst, ohne dass dieser sich dabei selbst verändert. Sogenannte Katalysator-Gifte können die Wirkungsweise und die Lebensdauer eines Katalysators beeinträchtigen. Ein Katalysator in einem Kraftfahrzeug wandelt im optimalen Zustand die Schadstoffe (**Kohlenmonoxid**, **Kohlenwasserstoffe**, **Stickstoffoxide**) in unschädliche Stoffe um.

Klimarahmenkonvention

Ein wichtiger Bestandteil der Klimaschutzpolitik ist die Klimarahmenkonvention, welche im Sommer 1992 in Rio de Janeiro von mehr als 150 Staaten gezeichnet wurde und im März 1994 in Kraft getreten ist. Ziel der Konvention ist eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der **Atmosphäre**.
Auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz zur Klimakonvention wurde Ende 1997 das Kyoto-Protokoll verabschiedet, in welchem erstmals rechtsverbindliche Begrenzungsverpflichtungen und Reduktionsverpflichtungen für die Industrieländer festgelegt wurden. Demnach sind die Industrieländer insgesamt dazu verpflichtet, die **Emissionen** der im Protokoll festgelegten sechs Treibhausgase um mindestens 5% bis zum Zeitraum 2008-2012 gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Die europäische Gemeinschaft hat sich in Kyoto eine Verminderung von 8% zum Ziel gesetzt; im Rahmen der EU-internen Lastenteilung ist Deutschland zur Senkung der sechs Kyoto-Gase um 21% verpflichtet. Im Vorfeld des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg im August/September 2002 haben die EU-Staaten das Kyoto-Protokoll ratifiziert. Wenn Russland wie angekündigt das Kyoto-Protokoll ratifiziert, kann es voraussichtlich in Kraft treten.

Kohlendioxid (CO_2)

Kohlendioxid entsteht bei jeder Verbrennung und gegebenenfalls Umwandlung fossiler Stoffe und ist somit in den Mittelpunkt der energiebedingten **Emissionen** gerückt.
Die Absetzung des Kohlendioxid kann nur durch aufwändige Abtrennverfahren und Speicherung vermieden werden.
In der Klimaforschung gilt das Kohlendioxid als Hauptverursacher des **Treibhauseffekt**, da es zu den Spurengasen in der **Atmosphäre** gehört und die Eigenschaft besitzt, für langwellige Wärmestrahlen "undurchlässig" zu sein.

Kohlenmonoxid (CO)

Das Kohlenmonoxid ist ein reizloses, farbloses und geruchloses Gas, das bei unvollständiger Verbrennung entsteht, vorwiegend bei schlecht arbeitenden Feuerungen mit festen Brennstoffen, jedoch auch bei Öl- und Gaskesseln.
Das eingeatmete Kohlenmonoxid vermindert das Sauerstoff-Aufnahmevermögen des Blutes und ist daher für den Menschen extrem gefährlich, ab einer bestimmten Konzentration absolut tödlich ! Vor allem Kraftfahrzeuge emittieren Kohlenmonoxid. Über die Hälfte der jährlich erzeugten 5.462 Kilotonnen entstehen im Straßenverkehr. Der Trend geht deutlich nach unten: So kann trotz des erheblichen Verkehrswachstum in Deutschland bis 2005 mit einem Rückgang der Kohlenmonoxid-**Emissionen** von ca. 70% gerechnet werden (Vergleichsjahr: 1989). Die Gründe für diese Entwicklung sind unter anderem die Einführung des ger egelten Drei-Wege-**Katalysator**, die erhebliche Verbesserung der Nutzfahrzeuge als auch die abnehmende Zahl der stark umweltbelastenden Zwei-Takt-Fahrzeuge.

Kohlenstoff (C)

Kohlenstoff ist ein nicht-metallisches chemisches Element, welches rein als Diamant, als Graphit, als Ruß, als Kohle oder in Form von Verbindungen wie Erdöl oder Erdgas auftritt; **...**

	... aber auch als einer der wichtigsten Bausteine von lebenden Organismen jeder Art auftritt. Kohlenstoff kannsich mit fast allen Elementen verbinden, insbesondere mit Wasserstoff (**Kohlenwasserstoff**) und mit Sauerstoff (**Kohlenmonoxid**, **Kohlendioxid**).
Kohlenwasserstoff (CxHy)	Kohlenwasserstoffe sind organische Verbindungen, welche aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen und bei Verbrennungsprozessen Energie freisetzen (z.B.: Gase wie Methan, Flüssigkeiten wie Erdöl oder Benzin, Feststoffe wie Paraffin).
Kompakt-Leuchtstofflampen	(**Energiesparlampen)**
Konzessionsabgabe	Energieversorger, welche Stromleitungen zu den Endverbrauchern verlegen und betreiben wollen, müssen hierfür an die jeweiligen Städte und Gemeinden Gebühren zahlen: Konzessionsabgaben. Besaß bislang nur der lokale Stromversorger, z.B. die Stadtwerke, das alleinige Leitungsnutzungsrecht, so haben nun im liberalisierten Strommarkt alle Stromanbieter das Recht auf Durchleitung. Den hierfür an die Gemeinde zu entrichtenden Betrag schlägt der Versorger auf das Durchleitungsentgeld auf.
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	In einem gemeinsamen Prozess werden durch Kraft-Wärme-Kopplung elektrische Energie und Wärme erzeugt. Mit KWK wird z.B. in einem **Blockheizkraftwerk** ein hoher thermischer **Wirkungsgrad** erreicht !
kumulierte Förderung	Summe aller Jahresförderungen seit Förderbeginn.
k-Wert	Im Zusammenhang mit der Wärmedämmung taucht immer wieder ein Begriff auf: k-Wert. Dieser k-Wert gibt an, wieviel Wärmeenergie durch einen Quadratmeter eines Bauteils bei einem Temperatur-Unterschied von einem Grad Kelvin zwischen Innenseite und Außenseite dringt. (Die Differenz von 1 Grad Kelvin entspricht der Differenz von einem Grad Celsius.) Der k-Wert wird in Watt pro Quadratmeter und Grad gemessen, wobei gilt: Je niedriger der k-Wert ist, desto besser ist die Wärmedämmung.
Liberalisierung des Gasmarktes	Nach der **Liberalisierung des Strommarktes** wird auch der Gasmarkt gemäß der entsprechenden EU-Gasrichtlinie geöffnet. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung: die Unterzeichnung der **Verbändevereinbarung** zum Netzzugang bei Erdgas(VV Gas I) am 04.07.2000. In der VV Gas I haben sich der Bundesverband der deutschen Industrie (BDI), der Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK), der Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) sowie der Verband der kommunalen Unternehmen e.V. (VKU) auf Grundregeln geeinigt, die jedem Verbraucher den diskriminierungsfreien Zugang zu den Gasversorgungsnetzen garantieren soll. Die VV Gas I wurde durch die am 03.05.2002 unterzeichnete Neufassung (VV Gas II) ersetzt. **...**

... Die VV Gas II trat am 01.10.02 in Kraft.

- BDI www.bdi-online.de
- VIK www.vik-online.de
- BGW www.bgw.de
- VKU www.vku.de

Liberalisierung des Strommarktes

Die EU-Binnenmarktrichtlinie Elektrizität verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Liberalisierung ihrer Strommärkte. Deutschland hat die Richtlinie mit dem Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsgesetz umgesetzt, das im April 1998 in Kraft trat.
Die Monopole sind somit gefallen, freie Versorgerwahl statt "Zwangsehe": die Liberalisierung des Strommarktes eröffnet Kunden sowie Energie-Versorgungs-Unternehmen neue Wettbewerbsmöglichkeiten. Über die regeln für den freien und gleichberechtigten Zugang zu den Stromnetzen haben sich die Verbände der stromerzeugenden und -verbrauchenden Wirtschaft im Dezember 1999 im Rahmen der **Verbändevereinbarung Strom** (VV Strom) verständigt. Im Dezember 2001 einigten sich die beteiligten Wirtschaftsorganisationen auf eine erneute Anpassung der VV Strom (VV II plus).

LNG

Liquified Natural Gas: (für Transportzwecke) verflüssigtes Erdgas.
(1t LNG enthält ca. 1.400**Nm³** Erdgas,
1m³ LNG wiegt ca. 0,42t)

Maßeinheit (letzte Seite)

Für die einzelnen Energieträger gelten verschiedene Einheiten: Öl wird in l (1 Barrel = 159 l), m^3 oder t gemessen, Kohle wird in t gemessen, Gas wird in m^3 gemessen, elektrische Energie wird in kWh gemessen.
Gemeinsame Maßeinheiten sind seit dem 01.01.1978 die Einheit **Joule** (J) sowie die Einheit Kilowattstunde (kWh).
Definierte Einheiten für Energie und Leistung sind:

- Joule (J): Energie, Arbeit, Wärmemenge
- 1 Joule (J) = 1 Wattsekunde (Ws)
- Watt (W): Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
- 1 Kilowattstunde (kWh) = 3.600 Kilojoule (kJ)

Nm³

Norm-Kubikmeter:Gasmenge in 1m³ bei 0°C und 1013mbar
Letzte Seite: **Maßeinheiten**

Nutzenergie

Mit Nutzenergie wird die Energie bezeichnet, die nach der letzten Umsetzung in den Geräten des Verbrauchers zur Verfügung steht (z.B.: die Raumwärme, die Vorwärtsbewegung eines Fahrzeug, die Arbeitsleistung eines Staubsaugers).
Durchschnittlich wird auf Grund der hohen Umwandlungs- und Verteilungsverluste nur rund ein drittel der tatsächlich eingesetzten **Primärenergie** genutzt.

Nutzungsgrad

Im Gegensatz zum **Wirkungsgrad** wird beim Nutzungsgrad das Verhältnis von gewonnener Energie zu aufgewendeter Energie über einen bestimmten Zeitraum (z.B.: ein Jahr) betrachtet.

OECD Organization for Economic Cooperation and Developement (Sitz: in Paris); Mitgliedsländer:
Die Länder der **EU**, sowie:
Island, Norwegen, Polen, Schweiz, Slowakei, Tschechien, Türkei, und Ungarn.
Außerdem: Australien, Japan, Kanada, Mexiko, Neuseeland, Süd-Korea und die USA.

offshore Vor der Küste liegende Gebiete, unter Meeresbedeckung.

Ökostrom-Labels Drei dieser Siegel geben deutschen Verbrauchern Auskunft über die Qualitätsstandards von so genanntem Ökostrom, welcher aus **erneuerbaren Energien** gewonnen wird:
- das grüne Stromlabel vom Verein grüner Strom Label e.V., in dem sich einige Umwelt- und Verbraucherverbände zusammengeschlossen haben
  - www.eurosolar.org
- ein spezielles TÜV-Zertifikat der technischen Überwachungsvereine (VdTÜV 1303)
- Prüfzeichen ok-power des Vereins EnergieVision
  - www.energie-vision.de

OPEC Organization of Petroleum Exporting Countries (Sitz: Wien):
Mitgliedsländer (31.10.2002):
Algerien, Indonesien, Irak, Iran, Katar, Kuwait, Libyen, Nigeria, Saudi-Arabien, Venezuela und Vereinigte Arabische Emirate.

ORC-Anlage Organic- Rancine-Cycle-Anlage:
Stromgeneratoren, deren Turbinen mit einem (organischen) Arbeitsmittel mit niedriger Siedetemperatur betrieben werden.

Passive Sonnenenergie-nutzung Als passiv wird die Nutzung der **Sonnenenergie** genannt, wenn keine technischen Umwandlungsprozesse erforderlich sind.
Ein Haus nutzt durch Fenster bzw. Wintergarten die Sonnenenergie passiv.
Als **aktive Sonnenenergienutzung** werden jene Systeme bezeichnet, welche Sonnenlicht mittels **Sonnenkollektoren** in Wärme (**Solarthermie-Anlagen**) oder durch **Solarzellen** in Strom (**Photovoltaik-Anlagen**) umwandeln.

Passivhaus Der Wärmebedarf eines Passivhaus ist soweit verringert, dass die Energiebeiträge aus der eingestrahlten Sonnenenergie und der Eigenwärme der Personen im Haus sowie der Wärmeabgabe von Geräten ausreichen, in Verbindung mit einer hoch effizienten Wärmerückgewinnung durch ein Lüftungssystem. Voraussetzung sind unter anderem eine qualitativ hochwertige Gebäudehülle sowie Gebäudetechnik. Der verbleibende geringfügige Heizwärmebedarf kann durch gespeicherte Sonnenwärme gedeckt werden. Das Passivhaus ist eine konsequente Weiterentwicklung des **Niedrigenergiehaus**.

PEV **Primär-Energie-Verbrauch**

Photovoltaik (PV)

Die unmittelbare Umwandlung der Sonnenstrahlung in elektrische Energie mit Hilfe von Solarzellen wird Photovoltaik genannt.
In den Solarzelle (meist aus dem Halbleitermaterial Silizium) wird durch absorbiertes Licht freie Ladung erzeugt. Diese freie Ladung bewirkt an den Zellen eine elektrische Spannung, sodass Gleichstrom durch ein angeschlossenes Gerät fließt. Die Photovoltaik, welche dem Verbraucher durch Solar-Taschenrechner oder Solar-Uhren bereits bekannt ist, kann auch für die Stromversorgung der Privathaushalte eingesetzt werden. Während der letzten Jahre erlebte die Photovoltaik in Deutschland einen deutlichen Aufwärtstrend; zum einen auf Grund besonders günstiger Regelungen bei der Vergütung von eingespeisten Überschussstrom, sowie sonstiger finanzieller Förderungen durch die öffentliche Hand und verschiedene Energie-Versorgungs-Unternehmen.
Der Trendanstieg anhand der ausgelieferten Solarzellen mit einer Gesamtleistung:

- von 3,3 Megawatt 1993
- von 75 Megawatt 2001

Primärenergie

Die Primärenergie ist der rechnerisch nutzbare Energiegehalt all jener Energieträger, welche in der Natur vorkommen und noch keiner Umwandlung unterworfen sind.
Hierzu zählen:

- fossile Energieträger
  - Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Erdöl
- **erneuerbare Energien**
  - Sonnenenergie, Windenergie, Wasserkraft, Erdwärme, Gezeitenenergie

Die Reihenfolge der in Deutschland wichtigsten Primär-Energieträger:

- Minerlöl 38 %
- Gas 21 %
- Steinkohle 13 %
- Braunkohle 11 %
- erneuerbare Energieträger 3 %

RAR

(Uran:) Reasonable assured ressources, in der niedrigen Kostenklasse: **Reserven**

Regenerative Energien

(**erneuerbare Energien**)

Reserven

Zu heutigen Preisen mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbare Mengen einer Energierohstoff-Lagerstätte.

Ressourcen

Nachgewiesene, aber derzeit technisch und/oder wirtschaftlich nicht gewinnbare Mengen an Energierohstoffen sowie
nicht nachgewiesene, aber ökologisch mögliche, künftig gewinnbare Mengen an Energierohstoffen. ("yet to find")

Sekundärenergie

Sekundärenergie ist die Energie, die als Ergebnis eines Umwandlungsprozesses und unter Energieverlust aus der **Primärenergie** gewonnen wird. **...**

... Die Sekundärenergie gibt es in der Form von:
- leitungsgebundener Energie
  - Strom, Stadtgas, Fernwärme
- Veredelungsprodukten
  - Benzin, Diesel, Methanol, Heizöl, Koks, Briketts, Wasserstoff etc.

SPE Society of Petroleum Engineers

Solaranlage Einrichtungen, welche die Sonnenstrahlung nutzen, werden als Solaranlage bezeichnet; diese setzen sich aus Solar-Modulen, welche wiederum aus mehreren Solar-Zellen bestehen, zusammen. **...**

... Man unterscheidet die Systeme:
- **Sonnenkollektor**, **Absorber** (Wärme)
- **Solarzellen** (Strom)
- **solarthermische Kraftwerke** (Strom/Wärme)

Solarthermie Bei der Solarthermie wird die Sonnenenergie zur Brauchwasser-erwärmung und/oder Heizungsunterstützung genutzt, bzw. zur Strom- oder Prozesswärmeerzeugung (**Sonnenkollektor**, **Solarthermische Kraftwerke**).

Solarthermische Kraftwerke In solarthermischen Kraftwerken wird Sonnenwärme in elektr. Energie und/oder Prozesswärme umgewandelt.
das Funktionsprinzip: durch die konzentration der Sonnen-strahlung (z.B.: Brennspiegel) wird Wärme und somit Dampf erzeugt, welcher wiederum eine Turbine mit Generator zur Stromerzeugung antreibt.

Solarzellen Die Solarzellen wandeln das Licht direkt in elektrischen Strom um; dies wird photovoltaischer Effekt (**Photovoltaik**) genannt. Die Solarzellen bestehen zumeist aus Silizium, welches aus dem Quarzsand gewonnen wird.

Sonnenkollektor Der Sonnenkollektor wandelt die Sonnenenergie in Wärme-energie um. Die Wärmeverluste des "Sonnenenergiesammlers" werden vermindert durch einfache oder durch mehrfache Glas-abdeckung und durch die Wärmedämmung der Rückseite.
Bei einfachen Systemen kann auf das Prinzip der "Wärmefalle" verzichtet werden; man spricht dann von Solarabsorbern. Schwimmbäder lassen sich auf diese Weise bereits wirtschaft-lich rentabel beheizen.

Statistische Reichweite Quotient aus **Reserven** und letzter Jahresförderung.

Stickoxid (NOX) Stickoxide entstehen bei der Verbrennung in Heizkesseln und Motoren aus dem in der Verbrennungsluft vorhandenen Stickstoff **...**

... bei hohen Temperaturen durch Oxidation. Zu den Stickoxiden gehören sowohl das Stickstoffmonoxid (NO), als auch das Stickstoffdioxid (NO_2). Stickoxide zählen zu den Ursachen für den "sauren Regen". Erhöhte NO_2-Konzentrationen können zu Atemwegserkrankungen führen.

Stromeinspeisungsvergütung Die Stromeinspeisungsvergütung garantiert den privaten Betreibern von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien eine gesetzlich geregelte Vergütung für die Einspeisung des von ihnen erzeugten Stroms in öffentliche Stromnetze.

Strombörse Mit der **Liberalisierung des Strommarktes** ist der Strom zur Handelsware geworden; sein Preis wird auch an Börsen, ähnlich den Wertpapierbörsen, durch Angebot und Nachfrage geregelt. In Deutschland ist im Jahr 2000 der Startschuss für zwei Strombörsen gefallen:

- Leipzig Power Exchange (LPX)
  - www.lpx.de
- European Energy Exchange in Frankfurt am Main (EEX)
  - www.eex.de

Am 01.01.2002 fusionierten die beiden Strombörsen zur "neuen" EEX mit Standort in Leipzig.

Treibhauseffekt In der **Atmosphäre** lassen klimawirksame Spurengase die kurzwellige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert zur Erde passieren, halten aber einen Großteil der langwelligen Wärme-Rückstrahlung auf der Erdoberfläche zurück. Im natürlichen Gleichgewicht zwischen Ein- und Ausstrahlung bewirkt der natürliche Treibhauseffekt eine Durchschnitts-Temperatur auf der Erde von plus 15°C; diese läge ohne Treibhauseffekt bei ca. minus 18°C. Die zunehmende **Emission** von klimawirksamen Spurengasen bei der Nutzung fossiler Energien führt zu einer vom Menschen verursachten Temperaturerhöhung.

t SKE Tonne Stein-Kohlen-Einheit (ca. 29,308 x 10^9 **Joule**)
Letzte Seite: **Maßeinheiten**

toe Ton(s) of oil equivalent: Tonne(n) Erdölequivalent
(ca. 1,428 **t SKE**)

Ursprüngliche Reserven **Kumulierte Förderung** plus verbleibende **Reserven.**

Verbändevereinbarung Gas Am 04.07.2000 wurde die Verbändevereinbarung zum Netzzugang bei Erdgas (VV Gas I) unterzeichnet, nachdem die beteiligten Wirtschaftsverbände BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie), VIK (Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft), BGW (Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft) sowie der VKU (Verband der kommunalen Unternehmen) am 17.03.2000 ein entsprechendes Eckpunktepapier verabschiedet hatten.
Die VV Gas I regelt auf freiwilliger, "staatsfreier" Basis die wirtschaftlichen und technischen Bedingungen für den Netzzugang Dritter. **...**

... Die VV Gas I wurde durch die am 03.05.2002 unterzeichnete Neufassung (VV Gas II) ersetzt. Die VV Gas II ist am 01.10.2002 in Kraft getreten.

- BDI www.bdi-online.de
- VIK www.vik-online.de
- BGW www.bgw.de
- VKU www.vku.de

Verbändevereinbarung Strom

Mit der am 01.01.2000 wirksam gewordenen Verbändevereinbarung Strom (VV Strom) haben sich die stromerzeugende und stromverbrauchende Wirtschaft auf Regeln geeinigt, welche allen Stromkunden einen fairen und effektiven Netzzugang ermöglichen sollen. Im Dezember 2001 einigten sich die beteiligten Wirtschaftsorganisationen auf eine erneute Anpassung der VV Strom (VV II plus).

Verbleibendes Potential

Reserven plus Ressourcen.

Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.

www.vzbv.de

Wärmepumpen

Maschinen, welche der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich Wärme entziehen, sind Wärmepumpen. Die Wärme wird für Heizzwecke und Warmwasserbereitung nutzbar gemacht.

Wasserkraft

Die Wasserkraft ist ein **erneuerbarer Energieträger** und leistet in Deutschland mit Abstand den größten Beitrag aller erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung. In einem Wasserkraftwerk strömt Wasser durch eine oder mehrere Turbinen, welche einen Generator antreiben. Der Generator erzeugt den Strom. Weltweit liegt der Anteil an der Stromerzeugung durch Wasserkraft bei über 20% mit hohem Ausbaupotential. In Deutschland hingegen beträgt dieser Wert lediglich 4%, wobei das Potential bereits zu 80% ausgeschöpft ist.

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein brennbares Gas mit hohem Energiegehalt, welches heute für die chemische Industrie aus fossilen **Primärenergien** unter CO_2-Freisetzung hergestellt wird.
Im Energiebereich kommt Wasserstoff als **Sekundär-Energieträger** in Betracht, insbesondere bei CO_2-freier Herstellung mittels Strom aus **erneuerbarer Energien** oder **Biomasse**.
Die Nutzung kann z.B. in **Brennstoffzellen** zur Strom- und Wärmeerzeugung oder auch in Fahrzeugen zum Antrieb erfolgen.
Erläuterungen sind im Report gegliedert.

WBK

Weichbraunkohle, Energieinhalt der Rohkohle aschefrei < 16.500 KJ/kg

Windenergie

Die im Wind enthaltene mechanische Energie kann in **Windkraftanlagen** zur Stromerzeugung sowie zum Antrieb von Maschinen genutzt werden. In Deutschland sind etwa 12.000 Anlagen mit einer Gesamtleistung von über 10.000 Megawatt (1 Megawatt = 1.000.000 Watt) in Betrieb. Im Jahr 2001 wurden **...**

... über 10 Milliarden kWh elektrische Energie durch Windkraftanlagen erzeugt. Die Windenergie liegt damit bei der Stromerzeugung nach der **Wasserkraft** an zweiter Stelle der **erneuerbaren Energiequellen**. Die Vergütung aller Windkraftanlagen entsprechend dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz liegt zur Zeit bei ca. 1 Milliarden Euro pro Jahr. Um die Stromversogung insgesamt sicherzustellen, sind aber weiterhin die konventionellen Kraftwerke notwendig !!

Windkraftanlagen

Windkraftanlagen (WKA), Windenergieanlagen (WEA) und Windenergiekonverter (WKE) sind Anlagen zur Umwandlung von Windenergie in elektrische Energie. Die Leistungen bei Windkraftanlagen haben sich in den letzten Jahren sehr stark erhöht. Die weltweit größte Anlage mit einer Leistung von 4,5 Megawatt wurde 2002 in Deutschland in Betrieb genommen.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener und aufgenommener Leistung bei der Energieumwandlung. Er ist ein Maß für die Energieeffizienz und für den notwendigen Energieeinsatz.
Dabei muß unterschieden werden zwischen dem elektrischen Wirkungsgrad, der nur die Stromerzeugung berücksichtigt, **...** **...** Dem thermischen Wirkungsgrad bei der Wärmeumwandlung sowie dem Gesamtwirkungsgrad.
Typische heute technisch erreichte Wirkungsgrade sind:

- Photovoltaik 10 %
- Kohlekraftwerke 45 %
- Brennstoffzelle 30 - 55 %
- Gaskraftwerke 60 %
- Blockheizkraftwerke 70 - 85 %
- Dieselmotoren 30 %
- Benzinmotoren 25 %

Die Erhöhung der Wirkungsgrade ist ein wesentlicher Teil der Energieforschung !!

WPC

World Petroleum Congress.

10.5 Maßeinheiten

Maßeinheiten:

J	Joule	1J = 1Ws
GJ	Gigajoule	1GJ = 10^9J = 278kWh = 0,0341t SKE
TJ	Terajoule	1TJ = 10^{12}J = 278x10^3kWh = 34,1t SKE
PJ	Petajoule	1TJ = 10^{15}J = 278x10^6kWh = 34,1x10^3t SKE
EJ	Exajoule	1EJ = 10^{18}J = 278x10^9kWh = 34,1x10^6t SKE
kWh	Kilowatt-Stunde	1kWh = 3,6x10^6J
MWh	Megawatt-Stunde	1MWh = 3,6x10^9J
TWh	Terawatt-Stunde	1TWh = 3,6x10^{12}J
MWa	Megawatt-Jahr	1MWa = 3,15x10^{13}J
W	Watt	
kW	Kilowatt	1kW = 10^3W
MW	Megawatt	1MW = 10^6W
GW	Gigawatt	1GW = 10^9W
MW_{th}	thermische Leistung in MW	
MW_{el}	elektrische Leistung in MW	
m^3		1m^3 = 1.000Liter
$M.m^3$		1$M.m^3$ = 10^6m^3
$G.m^3$		1$G.m^3$ = 10^9m^3
$T.m^3$		1$T.m^3$ = $10^{12}m^3$
t		1 Tonne = 1.000kg
kt		1kt = 1.000t
Mt		1Mt = 10^6t
Gt		1Gt = 10^9t
Tt		1Tt = 10^{12}t

11 Gesamtwirtschaftliche Entwicklungsprozesse

- **Auszug aus dem Kapitel: 8.3 "Weiterbildung aller Berufsgruppen"**

Die Basis für einen potenziellen Einsatz der Brennstoffzelle in mobilen, portablen und stationären Anwendungen ist geschaffen !
Die absehbare Durchdringung verschiedenster Märkte durch die Brennstoffzelle wird eine tiefgreifende Veränderung angestammter Produktionsprozesse sowie starke Verschiebung etablierter Industriestrukturen nach sich ziehen !

Brennstoffzellen haben das Potenzial, Energieresourcen zu schonen und die Umweltbelastung zu reduzieren. Deshalb werden sie zukünftig eine wesentliche Rolle bei der Bereitstellung von elektrischer Energie aus Wasserstoff wie aus Kohlenwasserstoffen spielen !

- **Auszug aus dem Kapitel: 8.4 "Entwicklungspotenziale Humankapital"**

- **Zusammenfassung der Leitaufgaben:**
  - Entwicklungs-Potenziale des Strukturwandel
  - Netzwerke für den Umbau der Montan-Region
  - Potenzial-Verknüpfung durch Kompetenz-Netzwerk-Bildung der Wirtschaft und der Bildung von Steuerungsgruppen und innovativer Arbeitsteams
  - Kommunikation fördern / Partner werben durch lokale Identität
  - Potenzial-Entwicklung der Energieträger
  - Leitunternehmen als Entwicklungs-Potenzial
  - Industrie- und Strukturpolitische Unterstützung

Ein Erfolg der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb hängt ganz entscheidend von dem Beginn und dem Tempo der Transformations-Prozesse in allen betrieblichen Strukturen ab, **was Kooperationswillen und Umformung der betrieblichen Weiterbildung voraussetzt.**

- **Zusammenfassung der Akteure:**
  - Zusammenführung von Wissenschaft und Wirtschaft
  - Kooperationsprojekte mit Industrie und Forschung
  - Identifizierung und Integration weiterer Unternehmen
  - Einbindung zusätzlicher Forscher und Forschungseinrichtungen
  - Ansiedlung und Stärkung von Herstellern
  - Ansiedlung und Stärkung von Dienstleistern

Ein Mangel an Entschlossenheit und konsensorientierter Zusammenarbeit (eine Vielzahl guter Ideen gibt noch lange keinen Erfolg) **basieren auf einem Mangel an Kommunikation und Kooperation !**

Dieser Report ist ein Instrument, welches die dynamischen gesamtwirtschaftlichen Entwicklungsprozesse verfolgt und die Potenziale mit den kooperierenden Wirtschaftsstrukturen verknüpft.
Darstellung der Wertschöpfungskette, Potenzial-Erörterung, Regional-Integration, Kompetenz-Gliederung, Differenzierung der Spezifika und der Szenarien, Erläuterung der Technologien, Energie-Spiegel.

11.1 Scouting: Reports, Analysen, Wertschöpfungskette

Dieser Report wird unter meinem persönlichen Zeichen verfasst:
EEZ steht für: Energie, Energiewirtschaft, Zukunftsenergien

EEZ unterstützt und vernetzt : Partner im Dialog

Ziele:
- Industrielle Ansiedlung
- Auf- und Ausbau der Infrastruktur
- Wertschöpfungsketten von den Energieträgern bis zur Anwendung
- Umbau der Montan-Industrie: Qualifizierung aller Berufsgruppen: Humankapital
- Start Up für die Emscher-Lippe Region im Energieland NRW

Ursprungs-Potenziale als Anknüpfungspunkte:
Die Nähe zu den Volumen-Märkten:
- Der Kreis Recklinghausen: bevölkerungsreichster Kreis der Bundesrepublik Deutschland
- Das Ruhrgebiet: wirtschaftlicher Ballungsraum
- Das Energieland Nordrhein Westfalen: größter Energie-Erzeuger

Agenda:
- **Strukturen aufzeigen und Potenziale analysieren in Reports und Studien als:**
  - Wirtschafts - Moderator
  - Potenzial - Scout
  - Regional - Berater
  - Struktur - Architekt
  - Start Up - Manager
- **StartUp: Ausbau der bereits bestehenden Infrastruktur:**
  - Viele Unternehmen wollen in den Markt, können es aber noch nicht. Unternehmen, welche bereits heute in den Markt können aber noch nicht wollen, mit dem geeigneten Cluster-Management werben und den ganz besonders günstigen Standort darstellen.

Kontakt:

EEZ Energie Energiewirtschaft Zukunftsenergien
Dieter Mende
Hansestr.16
45721 Haltern am See
Tel.: 0163/6040764
mende.dieter@web.de